ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES,

ET SUR LES SCIENCES QUI S'Y RAPPORTENT;

Rédigées par le Conseil général des Mines,

PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Conseiller d'État, Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

DEUXIÈME SÉRIE.

TOME VII.

A PARIS,

Chez TREUTTEL et WÜRTZ, Libraires, rue de Bourbon, n°. 17; et même Maison de Commerce,

A LONDRES, 30 Soho-Square, et à STRASBOURG, rue des Serruriers, n°. 3.

1830.

AVIS

A MM. LES SOUSCRIPTEURS.

Il a été décidé que la *première série* des *Annales des Mines* se terminerait avec le volume XIII. Une table analytique des matières contenues dans cette série en formera le quatorzième volume.

D'après cette décision, le présent volume est le *septième de la deuxième série*.

Les *Annales des Mines* continueront de paraître, *de deux mois en deux mois*, par livraisons, dont chacune comprendra, au moins, *dix feuilles* d'impression.

Les six livraisons d'une même année formeront *deux volumes*. On y joindra les tableaux, cartes et planches nécessaires à l'intelligence du texte.

Le prix de la souscription sera toujours de *vingt francs*, par an, pour Paris, et de *vingt-quatre francs* pour les Départemens.

On s'abonne, à Paris, chez MM. Treuttel et Würtz, libraires, rue de Bourbon, n°. 17, ainsi que dans leurs maisons établies à Londres, 30 Soho-Square, et à Strasbourg, rue des Serruriers, n°. 3.

On a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, à titre d'échange, aux Rédacteurs des ouvrages périodiques qui sont relatifs aux sciences et aux arts.

Paris. — Imprimerie de Madame Huzard (née Vallat la Chapelle), rue de l'Éperon, n°. 7.

Sur le gisement, l'exploitation et la préparation mécanique des minérais de plomb en Angleterre;

Par MM. COSTE ET PERDONNET.

Mines de plomb du Derbyshire.

Gisement.

Les minérais de plomb du Derbyshire font partie de la formation de calcaire de montagne (*mountain* ou *carboniferous limestone*). Nous n'avons rien à ajouter à l'excellente description qu'ont donnée de leur gisement MM. Dufrénoy et de Beaumont dans leur ouvrage sur la *Métallurgie de l'Angleterre*.

Exploitation.

L'exploitation des mines du Derbyshire paraît très négligée, ce qui tient très probablement au peu d'étendue de chacune d'elles : en effet la propriété de la richesse minérale, étant encore, dans cette partie de l'Angleterre, soumise à l'ancienne législation saxonne, est attribuée au souverain, qui ensuite la concède contre redevance à qui bon lui semble, et les officiers de la couronne la divisent souvent plus qu'il ne conviendrait de le faire, pour en tirer le meilleur parti possible.

Préparation mécanique.

Les procédés de préparation mécanique se bornaient, sur les mines que nous avons visitées, à de simples criblages et débourbages.

Mines du nord du pays de Galles.

Gisement.

Les minérais de plomb exploités dans le nord du pays de Galles sont des galènes disposées en

filons dans le calcaire de montagne, et se trouvent particulièrement dans les parties de cette formation où les couches schisteuses alternent avec le grès. Un système de filons parallèles entre eux est coupé par un autre système de filons également parallèles. Le minérai abonde surtout dans le voisinage des points d'intersection des filons, comme à l'ordinaire.

Exploitation.

L'exploitation des mines du nord du pays de Galles est bien conduite, comme en général celle de toutes les mines que dirige M. John Taylor; mais elle n'offre rien de particulier. Le massif minéral est divisé en parallélipipèdes par des galeries d'allongement et des cheminées qui les coupent. Le minérai est abattu par gradins, et les vides sont remblayés.

Epuisement des eaux.

L'épuisement des eaux, qui sont très abondantes, s'opère au moyen de galeries d'écoulement, de machines à vapeur, de machines à colonne d'eau ou de roues à augets.

Machines à vapeur.

Les machines à vapeur que l'on emploie dans le nord du pays de Galles sont semblables à celles du Cornouailles, mais généralement moins fortes. On publie chaque mois, comme dans cette dernière province, des listes de leur consommation en combustible. On est étonné de trouver que l'effet le plus grand produit par 1 boisseau de houille est seulement de 30,000,000 liv. d'eau élevées à 1 pied, tandis que pour quelques machines du Cornouailles il s'élève au delà de 70,000,000. On pourrait croire d'abord que les machines sont beaucoup moins bien construites dans le pays de Galles; mais le résultat que nous venons de mentionner tient plutôt à ce que les combustibles employés dans ces deux parties de l'Angleterre sont de qualité différente.

Nous ne répéterons pas ici les détails qu'ont donnés MM. Dufrénoy et de Beaumont sur la disposition de ces machines, nous nous bornerons à ajouter qu'on a, dans ces dernières années, diminué considérablement leur consommation en combustible, non par des perfectionnemens dans le principe de leur construction, mais simplement en les préservant presque entièrement de la déperdition de la chaleur.

A cet effet, on élève autour du cylindre à vapeur, à environ 1 pd de distance, un mur en briques, qui le dépasse dans sa partie supérieure, et on remplit le vide entre deux avec de la sciure de bois ou toute autre substance peu conductrice. On renferme ainsi dans une épaisse couche de sciure de bois les moindres parties de la machine susceptibles de refroidissement, et cela se fait avec un si grand soin, qu'en entrant, en été, dans la chambre où est placé le cylindre à vapeur, on n'observe aucun changement de température. Il serait fort à désirer que, dans un grand nombre des départemens de la France où la houille est très chère on suivît cet exemple.

Dans ces machines, ainsi que dans celles de Cornouailles, la pression sur la soupape de sûreté varie entre 25 et 40 livres anglaises. On peut donc les appeler machines à haute pression.

Les machines à colonne d'eau sont d'une construction fort simple, analogue à celle des machines du même genre, que l'on emploie en Allemagne.

Machines à colonne d'eau.

On a, dans une mine, combiné fort ingénieusement l'emploi de la machine à vapeur et de la machine à colonne d'eau. L'eau manquait pour le service de la machine à vapeur; celle-ci

duits, l'un, qui est lavé sur le crible à secousse (*brake-sieve*), et l'autre dans une espèce particulière de caissons à débourber (*sledge-trunks*).

Les morceaux de richesse moyenne, après avoir été broyés par la machine à écraser (*crushing-machine*), sont également ou passés au crible à secousse, ou débourbés, suivant leur grosseur.

Les menus morceaux qui traversent la grille, sur laquelle on a commencé la préparation mécanique du minérai, se subdivisent en deux classes: les plus gros, qui se déposent le plus près de la grille, et que l'on passe au crible à secousse; et les plus petits, que l'on recueille à une plus grande distance de la grille et qu'on lave dans les caisses à débourber.

L'opération sur le crible à secousse a lieu comme à l'ordinaire. On obtient sur le crible trois couches: la couche supérieure, qui est ordinairement rejetée, la couche moyenne, qui est envoyée à la machine à écraser, et la couche inférieure, qui est le plus souvent susceptible d'être vendue comme schlich.

Ce qui traverse est criblé de nouveau; mais alors on place au fond du crible à secousse des morceaux riches un peu gros, pour empêcher la matière de passer trop vite et en trop grande quantité à la fois. La partie qui traverse de nouveau est lavée dans une espèce de caisson allemand.

Les machines à écraser ressemblent à celles du Cornouailles. On remarque quelquefois trois paires de cylindres placées les unes au dessus des autres.

Comme on ne nous a pas permis d'examiner

ces machines de très près, nous ne pouvons pas en donner de dessins exacts.

Nous renvoyons, pour plus de détails sur les procédés de la préparation mécanique des minérais de plomb en Cumberland, à l'ouvrage de MM. Dufrénoy et Beaumont. Ces ingénieurs parlent de tables jumelles et caisses à rincer (*dolly tubs*). Nous n'en avons pas vu sur les mines que nous avons visitées; mais nous avons été témoin de la construction des tables à secousse, les premières qui aient été établies dans ce pays.

Mines de plomb du Yorkshire.

Gisement.

Les minérais exploités dans le Yorkshire, aux environs de Grassington, sont ordinairement la galène, et quelquefois le plomb carbonaté. Ils sont disposés en veines ou filons dans la formation calcaire de *mountain limestone*. Le grès à pierre meulières (*millstone-grit*), qui alterne avec le calcaire ou lui est superposé, en renferme de grandes quantités. On nous a même assuré que la galène n'y était pas moins abondante que dans le calcaire; ce qui est contraire à l'opinion de quelques géologues.

Le minérai de plomb présente quelquefois une structure remarquable, analogue, sous quelques rapports, à celle du porphyre orbiculaire de Corse. La galène et le sulfate de baryte, disposés en couches concentriques, forment des espèces de noyaux qui se détachent du fond de la gangue.

Mode d'exploitation.

L'exploitation des mines à Grassington ne présente rien de particulier.

Préparation mécanique.

Le mode de préparation mécanique des minérais dans le Yorkshire ressemble beaucoup à ce-

lui qui est adopté dans le Cumberland; comme il offre cependant quelques légères différences, nous allons le décrire en peu de mots.

Les minérais, au sortir de la mine, sont portés, comme à Alston-Moor, sur une grille dont les barreaux sont écartés d'environ $\frac{1}{2}$ pouce, et sur laquelle tombe un courant d'eau.

On obtient un produit A sur la grille, et un produit B au dessous.

Le produit A est séparé à la main sur une petite table en trois nouveaux produits : A′ le plus riche, A″ moyennement riche, A‴ nulle valeur.

A′ et A″ sont broyés séparément par la machine à écraser.

Le produit B sous la grille se subdivise en B′ et B″ ; B′ forme le tas le plus rapproché de la grille, et B″ se compose des parties plus fines, que le courant d'eau a entraînées à une plus grande distance : une petite planchette verticale les sépare. B′ est passé au crible à secousse, B″ est rejeté, ou, si le minérai est riche, débourbé.

Le minérai broyé est porté sur la tête d'une espèce de table à débourber, divisée en deux compartimens. Une partie, qui reste dans un bassin supérieur, est passée au crible à secousse; une autre partie, qui se dépose dans un canal inférieur, est lavée dans des caissons allemands, appelés *nicking-buddles*, et semblables à ceux que l'on emploie dans le Cornouailles pour les minérais de cuivre. Le lavage dans ces *nicking-buddles* a aussi lieu de la même manière qu'en Cornouailles. Quelquefois, lorsque le dépôt du canal inférieur est très impur, on commence par le débourber.

Lorsqu'on passe sur le crible à secousse

des portions de minérais qui ne proviennent pas de la machine à écraser, on obtient sur le crible même trois produits : un produit supérieur, qui est rejeté ou relavé si le minérai est riche ; un produit moyen, qui est envoyé à la machine à écraser, et enfin un produit inférieur, également envoyé à la machine à écraser. La partie qui traverse est débourbée, et le produit qui se dépose au haut de la caisse à débourber est passé de nouveau au crible à secousse, tandis que la bourbe est rejetée.

Lorsqu'on passe au crible à secousse des minérais qui ont été broyés, la partie supérieure de la couche qui est restée sur le crible est ordinairement envoyée à un bocard, qui la réduit en poussière. Elle se subdivise ainsi en partie grenue, qu'on lave dans des caissons allemands, et en *slimes*, que l'on débourbe ou que l'on rejette.

Lorsque les schlichs, après avoir été lavés dans des caissons allemands, ne paraissent pas assez riches, on achève de les purifier dans une espèce de cuve à rincer. Au centre de la cuve on place un axe en fer portant des ailes verticales. On fait tourner cet agitateur au moyen d'une manivelle ; puis, au bout d'un certain temps, on le retire et on le laisse déposer le minérai.

On construisait, lors de notre séjour à Grassington, une machine à écraser, que nous avons pu examiner dans tous ses détails, et dont nous allons donner la description.

Machine à écraser.

Le minérai est versé par une trémie sur une première paire de cylindres cannelés, de là il tombe sur une paire de cylindres unis, puis sur un crible mobile, qui le sépare en deux produits.

Ces cylindres ont tous 14 pouces (0m,35) de

diamètre et 14 pouces de longueur. Ils sont menés par une roue à augets de 25 pieds de diamètre et de 3 pieds de largeur dans œuvre, et, au moyen d'un système convenable d'engrenages, ils reçoivent tous la même vitesse.

Les cylindres sont portés par des montans ou cadres verticaux en fonte.

La *fig.* 2, Pl. I, est la section suivant NN', *fig.* 1 du cadre A; *mn* sont des pièces à rainure qui lui sont fixées au moyen de boulons traversant des rebords, comme l'indique la *fig.* 3, coupe suivant *rs*, *fig.* 2. Des pièces en fonte I et K entrent dans ces rainures, et supportent des crapaudines en laiton, qui servent d'appui aux tourillons des cylindres écraseurs. Les pièces I sont maintenues de manière à ne pouvoir glisser dans la rainure; les pièces K, au contraire, sont libres.

Deux saillies P sont percées chacune d'un trou qui reçoit un axe, autour duquel peut tourner un levier L, *fig.* 4. L'extrémité B de ce levier est chargée d'un poids P, et l'autre extrémité C appuie contre une des pièces K, *fig.* 2. Ainsi, les cylindres F et E ou G et H pressent l'un contre l'autre avec une force dépendant de l'effet du contre-poids.

Les avantages qui résultent de cette disposition sont évidens. Tous les morceaux du minérai ne sont pas d'égale grosseur, ou bien ils peuvent se trouver mélangés avec des pierres d'une trop grande dureté, qui disloqueraient la machine si les cylindres étaient fixes; tandis qu'avec un appareil comme celui que nous venons de décrire, on conçoit que l'expérience doit en peu de temps montrer quel est le contre-poids le plus avantageux et pour lequel la machine donne le meilleur

produit. En effet, en l'augmentant, on obtient du minérai plus menu; mais il faut une force plus grande et les cylindres s'usent plus vite.

Nous avons vu un appareil analogue à celui-ci aux environs d'Alston, et MM. Dufrénoy et de Beaumont donnent aussi la description d'une disposition semblable.

Tous les cadres de fonte sont portés par une charpente en bois.

On nous a assuré que cette machine pouvait écraser une tonne en quatre ou cinq minutes.

La roue à eau qui la mettait en mouvement faisait aussi marcher des bocards à eau, dont on se servait pour broyer les minérais les plus durs.

Ces machines à écraser (*crushing-machines*) paraissent surtout propres à remplacer les bocards à sec. Elles ne semblent pas convenir à toute espèce de minérais. Les plus durs et les moins riches sont généralement bocardés à l'eau.

Mines de plomb du Cornouailles.

Gisement.

Les minérais de plomb du Cornouailles sont des galènes très argentifères; mais ils n'ont plus leur gisement, comme ceux du Cumberland, du Yorkshire, du Flintshire ou du Derbyshire, dans le calcaire des montagnes. On les trouve en amas ou filons dans le *killas* (1).

Le mode d'exploitation ne présente rien de particulier.

---

(1) La roche très métallifère, appelée killas en Cornouailles, a été décrite par MM. Dufrénoy et de Beaumont. Le *vrai killas des mineurs*, disent ces ingénieurs, est un schiste argileux, verdâtre, passant au schiste talqueux et au schiste amphibolique, et prenant quelquefois dans ses parties supérieures une texture arénacée qui en fait un véritable grauwacke. Il s'appuie sur le granit.

Les minérais sont brisés menu avec des battes, et ensuite enrichis, par des séparations à la main, des débourbages dans des canaux et des criblages dans un bassin rempli d'eau.

L'emploi des cribles à secousse et des machines à écraser serait un perfectionnement à ce mode de préparation.

Nous pensons aussi que généralement, en Angleterre, l'usage des tables à secousse pour le lavage des minérais de plomb est trop restreint. D'un autre côté, on pourrait, en Allemagne et en France, conseiller la substitution des machines à écraser aux bocards dans plusieurs circonstances.

Traitement métallurgique des minérais de plomb en Angleterre;

Par MM. COSTE et PERDONNET.

Les minérais de plomb sont fondus, en Angleterre, dans le fourneau écossais ou dans le fourneau à réverbère.

M. John Taylor publiera incessamment, sur le traitement au fourneau écossais, une notice fort intéressante, dont il a eu la bonté de nous communiquer le manuscrit; nous la traduirons dès qu'elle aura paru, et nous nous bornerons à parler ici du traitement au four à réverbère.

TRAITEMENT AU FOUR A RÉVERBÈRE.

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES.

Fourneau à réverbère et réduction du minérai.

Les fourneaux à réverbère qui sont employés pour la réduction des minérais de plomb dans

les différentes parties de l'Angleterre que nous avons visitées, le Derbyshire, le Yorkshire, le nord du pays de Galles, le Cumberland et le Cornouailles, quoique semblables entre eux sous plusieurs rapports, présentent cependant, sous d'autres, des différences assez importantes. Les opérations qui s'effectuent dans ces fourneaux offrent également ce caractère de variété. Nous allons décrire, avec autant de détails que cela nous sera possible, les procédés tels que nous les avons vu pratiquer dans les diverses provinces que nous venons de citer. Nous ferons ensuite ressortir les particularités qui les distinguent, et enfin nous chercherons à en donner la théorie.

TRAITEMENT DES MINÉRAIS DE PLOMB A LEA.

Réduction des schlichs.

Fourneau.

L'usine de Lea est située à une petite distance de Matlock, dans le Derbyshire.

Les *fig.* 5, 6 et 7, Pl. I, représentent le fourneau à réverbère employé à l'usine de Lea.

La grille a 4 pieds 2 pouces sur 2 pieds ($1^m,27$ sur $0^m,61$), la sole a environ 11 pieds ($3^m,35$) dans les deux sens.

La hauteur du pont, au dessus de la grille, est de 21 pouces ($0^m,53$) et la distance du pont à la voûte de 14 pouces ($0^m,36$).

La courbe qui représente la section de la voûte est, à partir de la partie située au dessus du pont et en se rapprochant de la cheminée, d'abord horizontale ou s'élève légèrement, puis s'abaisse assez fortement, en sorte qu'auprès de la cheminée elle n'est plus éloignée de la sole que de 8 $\frac{1}{2}$ pouces.

La hauteur du pont au dessus de la sole est de 16 à 17 pouces (0m,41 à 0m,44); celle-ci commence au point *a*, à environ 2 pouces (0m,05) au dessous de la ligne horizontale AB, niveau des plaques qui forment le seuil des portes de travail; elle va en s'abaissant jusqu'en un point *b* placé à peu près au milieu de la longueur du fourneau, et à 21 ou 22 pouces (0m,53 ou 0m,61), suivant la nature du minerai, au dessous de AB; elle monte ensuite en allant du point *b* vers la cheminée, mais moins rapidement que vers le pont.

La sole a aussi une inclinaison dans le sens de la largeur du fourneau. Si l'on examine la *fig.* 7, qui en est une section suivant un plan perpendiculaire à la longueur et passant par le point *b* de la *fig* 5, on voit qu'elle s'élève du point *b* vers le point *c*, à peu près de la même manière que du point *b* vers le point *a*. La sole monte ainsi de toutes parts plus ou moins rapidement de *b* vers toutes les autres parties du fourneau; *b* est donc le fond d'une espèce de bassin irrégulier.

Des deux longues faces du fourneau, l'une, du côté de laquelle travaille toujours le maître-fondeur (*the foreman*), est dite *working side*, face de travail, ou face de devant; l'autre est dite *labourer's side*, face de l'aide, ou face de derrière.

Dans chacun des murs qui leur correspondent sont percées, au dessus de la sole, trois portes à égale distance l'une de l'autre. Une nouvelle porte, placée du côté de l'aide, sert à jeter du combustible sur la grille. Un trou *t* pratiqué dans le mur de devant, sous la porte du milieu, et qui est bouché pendant l'opération, permet de faire couler le plomb du bassin intérieur *b* dans un bassin extérieur B. Un autre trou *f*, si-

tué du même côté, sous la porte, près de la cheminée, et également bouché pendant la fonte du minérai, a pour but de donner issue à une partie des scories.

Nous ignorons quelles sont la hauteur et la section de la cheminée, MM. Dufrénoy et de Beaumont indiquent 55 pieds (17 mètres) pour la hauteur.

La sole est faite d'un mélange de deux espèces de scories, que l'on obtient par ce procédé.

Minérais.

Les minérais que l'on réduit à Lea sont des galènes mélangées de carbonate de plomb, de sulfate de baryte, de carbonate et de fluate de chaux, etc., et quelquefois aussi du carbonate de plomb plus ou moins pur.

Ils renferment trop peu d'argent pour que l'on cherche à en retirer ce métal.

Ils sont généralement assez mal lavés; on les assortit d'après leur richesse et le degré de fusibilité de leur gangue.

Combustible.

Le combustible est une houille d'assez bonne qualité.

Opération.

Nous avons suivi attentivement l'opération: le minérai traité étant de la galène, en voici la description.

La charge de minérai est de 16 quintaux (812 kilogrammes); on l'introduit par la trémie T, et on étend le minérai uniformément sur toute la partie inclinée de la sole, sans l'accumuler davantage vers le pont que vers la cheminée.

On remplit la chauffe de charbon, et on ferme toutes les portes. *On commence donc par donner un coup de feu.*

Deux heures après le commencement de l'opération, on ouvre toutes les portes pour *refroidir*

le fourneau (*to cool the furnace*), et, comme disent les ouvriers, pour laisser abattre les vapeurs. Un instant après, on les referme et on donne un second coup de feu, puis on mêle et retourne le minerai avec la spadèle, en travaillant successivement aux différentes portes, d'un côté et de l'autre du fourneau. Le chef-fondeur travaille toujours du même côté. La matière est *pâteuse* et le plomb ruisselle de toutes parts vers le creuset *b*.

Trois heures et demie environ après le commencement de l'opération, la matière paraît disposée à se liquéfier, on ajoute alors du *spath fluor*. Le chef-fondeur en jette trois pelletées par chacune des portes de son côté, en commençant par celle qui est près de la cheminée, et finissant par celle du milieu, cela fait en tout neuf pelletées. Il mêle le fondant et le minérai avec la spadèle, puis il referme toutes les portes et donne un troisième coup de feu; si le minérai ne fond pas bien, il ajoute encore du spath fluor; enfin la matière ne tarde pas à entrer en complète fusion.

On ouvre alors le trou *t*, qui donne issue aux scories, celles-ci coulent en abondance le long d'un plan incliné construit sur le sol de l'usine, et vont se rendre dans un creux placé au dehors.

Dès que les scories ont cessé de sortir du fourneau, l'ouvrier ferme le trou *t* au moyen d'une petite digue en chaux et il jette, par la porte du milieu, sur le bain de plomb une brouettée de *slack* ou menue houille, pour sécher les scories riches qui sont restées sur le bain. Il ouvre le trou *t*, et le plomb coule dans le bassin B.

Lorsque le métal a cessé de couler dans le bassin B, l'aide placé de l'autre côté du fourneau

retire, avec un râble, par la porte du milieu de la paroi opposée à celle du fondeur, les scories séchées et riches (*drawn slags*).

Cinq heures se sont alors écoulées depuis le commencement de l'opération.

Des crasses forment une épaisse croûte à la surface du bain de plomb contenu dans le bassin B. L'ouvrier les enlève avec une pelle percée de petits trous ronds, ou espèce d'écumoir, il les presse entre la pelle et une barre de fer fixe *m m*, qui traverse le bassin B, afin d'en exprimer une partie du plomb, puis il les rejette dans le fourneau près du pont; bientôt le plomb qu'elles contiennent se liquate et coule dans le creux de la sole, d'où on le fait passer dans le bassin B.

Le fondeur ou son aide verse le plomb avec des poches dans des lingotières; il continue ensuite à recueillir les crasses qui se forment à la surface des nouvelles portions de métal réduit ou sur les saumons, dans les lingotières, et les traite comme les précédentes, jusqu'à ce qu'enfin la quantité en devienne très petite. Il ajoute de temps à autre du spath fluor.

La refonte des crasses dure d'une heure à une heure un quart, en sorte que l'opération est entièrement achevée au bout de six heures à six heures et un quart.

Il faut bien observer que l'on ne retire qu'une seule fois des scories riches séchées; ce qui a lieu, comme nous l'avons déjà dit, immédiatement après la première coulée de plomb.

Le traitement du minérai dans le four à réverbère étant terminé, l'aide répare la sole avec la spadèle et l'aplanit aussi bien que possible;

ce qui n'empêche pas que l'inclinaison sur les bords du creux *b* ne soit assez irrégulière. Il bouche entièrement avec de la chaux les trous *t* et *t'*. Enfin on charge de nouveau.

Les scories (*white slags*) qui se sont écoulées hors du fourneau sont opaques et blanches, ou gris clair. On ne s'en sert que pour fabriquer la sole ou réparer les routes.

Les scories (*drawn slags*) que l'on a retirées avec le râble immédiatement après la coulée mériteraient plutôt le nom de crasses, car elles en ont tout l'aspect; elles sont noirâtres ou gris foncé et très pesantes, en masses agglomérées. On les refond dans une espèce particulière de fourneau à manche (*slag hearth*).

Fonte des scories riches dans le fourneau à cuve (slag hearth).

Fourneau.

Nous n'avons pas pu prendre les dimensions exactes du fourneau à manche, dans lequel on refond les scories riches à Lea; mais nous donnerons celles d'un fourneau d'Alston Moor (Cumberland), dont nous nous sommes procuré les dessins.

Ce fourneau (*fig.* 8, Pl. I) a, intérieurement, la forme d'un parallélipipède, dont la base a 26 pouces sur 22 (0^m,66 sur 0^m,56), et dont la hauteur est de 3 pieds (0^m.91). La sole est une plaque de fonte légèrement inclinée vers un bassin de réception B. Deux madriers en fonte *m* et *m'*, placés sur les deux côtés longs de cette plaque, supportent les parois latérales, qui sont en grès, et la paroi antérieure, qui est en fonte : cette dernière se trouve ainsi séparée par un vide d'environ 7 pouces de hauteur (0^m,18) de la sole.

Une tuyère horizontale est placée dans la paroi postérieure à des distances égales des parois latérales, et la partie de cette paroi qui est au dessous est en fonte, tandis que la partie supérieure est en grès; la tuyère a de 1 $\frac{1}{2}$ à 2 pouces de diamètre.

Quoique cette description ne diffère presque en aucun point de celle qu'ont donnée MM. Dufrénoy et de Beaumont du même fourneau, nous avons cru nécessaire, pour l'intelligence du sujet, de ne pas l'omettre.

Opération.

Pendant l'opération, l'intérieur du fourneau est rempli, jusqu'à environ 1 ou 2 pouces au dessous de la tuyère, de *cinders* ou frasis de coke recueilli sous la grille du fourneau à réverbère. Le reste de sa capacité est occupé par du coke en morceaux, sur lequel on charge les scories. Nous n'avons pas observé qu'on mélangeât celles-ci avec d'autres produits pour les fondre; mais MM. Dufrénoy et de Beaumont disent qu'on y ajoute souvent, comme fondant, du minérai extrêmement pauvre, ayant pour gangue de la chaux carbonatée et de la chaux fluatée, qui a été mise à part pendant la préparation mécanique des mattes plombeuses, qui nagent à la surface du bain de plomb quand on le raffine par le repos de masse, ainsi que les matières qui se déposent dans la cheminée du même fourneau.

Quoi qu'il en soit, le plomb réduit et une nouvelle scorie, plus pauvre que celle que l'on a chargée se rendent dans le bassin B, *fig.* 8 *bis;* les scories surnageant se répandent, par dessus les bords, dans un espace rectangulaire, qu'un canal T remplit constamment d'eau froide, et le plomb passe par une ouverture N dans un vase en fer C, en-

touré de charbon. Les scories, par le refroidissement subit qu'elles éprouvent en tombant dans l'eau, se divisent en morceaux, et le plomb qu'elles renferment, mélangé mécaniquement, est amené à l'état de globules. On bocarde ces globules et on en sépare le métal par le lavage. Le plomb contenu dans le vase C est puisé avec des poches et versé dans des lingotières.

Richesse des minérais, consommation en combustible, etc.

D'après les renseignemens qui nous ont été communiqués avec beaucoup de complaisance par M. Alshop, propriétaire de l'usine de Lea, les minérais qu'on y a traités dans les dernières années auraient rendu moyennement de 65 à 66 pour 100 de plomb, y compris le plomb de scories (*slag lead*).

Les minérais carbonatés ne rendent ordinairement pas au delà de 60 pour 100.

N'ayant point de données sur la quantité de métal qu'auraient indiquée des essais, dans ces minérais, nous ne pouvons nous former aucune idée de la perte de plomb provenant de l'emploi de ce procédé.

La consommation en combustible dans le four à réverbère est de 8 quintaux de houille par opération; ce qui fait un demi-quintal de houille par quintal de minérai, ou environ 0,77 quintal par quintal de plomb, ou enfin 50 kilogrammes par 100 kilogrammes de minérai et 77 kilogrammes par 100 de plomb.

Nous ne savons pas exactement la quantité de coke brûlée dans le fourneau à manche; mais elle est très faible.

TRAITEMENT DES MINÉRAIS DE PLOMB A L'USINE DE LORD GROSVENOR.

Réduction du schlich.

L'usine à plomb de lord Grosvenor est située dans le nord du pays de Galles, à deux milles de Holywell.

Fourneau.

Les *fig.* 9 et 10, Pl. I, représentent l'un des fourneaux à réverbère dont on se sert dans l'usine de lord Grosvenor pour la réduction des minérais de plomb. Nous garantissons la parfaite exactitude de ces plans.

La sole présente, comme celle des fourneaux de Lea, un creux au dessous de l'une des portes du milieu et a une inclinaison de toutes parts vers ce bassin intérieur. La distance du point le plus bas de ce bassin, au dessous du seuil de la porte, est ordinairement de 24 pouces ($0^m,61$) et quelquefois moins, suivant la nature du minérai que l'on traite.

Ce fourneau n'a pas de trou pour couler des scories; mais, à cette exception près, il possède le même nombre de portes ou ouvertures que le fourneau de Lea.

Une seule cheminée sert à tous les fourneaux de l'usine. Les produits de la combustion ou du grillage des minérais s'y rendent en passant par une suite de conduits dans lesquels se condensent une grande partie des vapeurs nuisibles.

La *fig.* 11 donne une idée de la disposition de ces conduits.

En F sont indiqués les fourneaux.

Les conduits *a* ont 18 pouces ($0^m,46$) de côté

intérieurement, les conduits *b* ont 5 pieds sur 2 pieds 6 pouces ($1^m,52$ sur $0^m,76$), le conduit *g* 6 pieds sur 3 pieds ($1^m,83$ sur $0^m,91$). A est une espèce de chambre circulaire de 15 pieds ($4^m,57$) de diamètre. Le conduit *e* a 7 pieds sur 5 ($2^m,13$ sur $1^m,52$) et enfin le conduit *d*, qui communique avec le fourneau à manche (*slag hearth*), a 6 pieds sur 3 ($1^m,83$ sur $0^m,91$).

La cheminée est placée en C, elle a à sa partie inférieure 30 pieds ($9^m,10$) de diamètre, y compris l'épaisseur des murs, et 12 pieds ($3^m,66$) à sa partie supérieure. On voit que sa forme extérieure est celle d'un tronc de cône. Sa hauteur au dessus du sol paraît être d'environ 100 pieds ($30^m,47$); nous n'en avons cependant pas la mesure exacte, mais le directeur de l'usine nous a dit que l'on comptait 162 pieds ($55^m,36$) de son sommet au plan de la base des fourneaux, qui sont situés, à quelque distance, au pied de la colline sur laquelle elle s'élève.

Les appareils du genre de celui que nous venons de décrire ne sont pas principalement destinés à recueillir quelques produits, ils ont surtout pour but de détruire ou de diminuer les effets dangereux de certaines vapeurs sur la santé des hommes et des animaux ou sur la végétation. La loi force les propriétaires d'usines à les établir.

Passons maintenant au traitement métallurgique proprement dit.

Minérais. Les minerais traités à Holywell sont des galènes assez réfractaires, mêlées de blende, calamine, pyrites, carbonate de chaux, etc., mais ne renfermant pas de fluate de chaux. Ils se servent mutuellement de fondans.

On emploie comme combustible une houille de qualité inférieure.

Combustible.

La sole est faite avec des scories que l'on a obtenues pendant l'opération, et qui ne sont que d'une seule espèce.

Construction de la sole.

Pour la construire, on commence par jeter sur l'aire en briques 7 à 8 tonnes de ces scories. On les met en fusion, au moyen d'un coup de feu, et dès que, par le refroidissement, elles ont passé à l'état pâteux, on donne à la sole la forme qu'elle doit avoir. Quatre ouvriers, dont deux travaillent de chaque côté du fourneau, sont employés à ce travail

Nous avons étudié l'opération dans toutes ses phases avec le plus grand soin, et M. Henri, directeur de l'usine, a bien voulu, à la recommandation de M. John Taylor, nous fournir, avec la plus rare complaisance, tous les renseignemens qui nous étaient nécessaires.

Voici la description de ce travail :

Opération.

La charge de minérai est de 20 quintaux (1015 kil.). On l'introduit par la trémie T.

L'aide, avec un râble, par les portes de la face de derrière, la répartit uniformément sur toute l'étendue de la sole.

Le fourneau n'est alors chauffé que par le charbon restant de la précédente opération; on n'ajoute pas de combustible pendant les deux premières heures, mais on entretient seulement une douce chaleur, en jetant de temps en temps sur la grille deux ou trois pelletées de houille. On ferme toutes les portes, et on laisse le registre de la cheminée baissé.

Le bassin extérieur est alors rempli de plomb provenant de l'opération précédente; ce métal

est recouvert de crasses. Une fente rectangulaire, située au dessus du trou de coulée, est ouverte, et elle reste ainsi pendant tout le temps de l'opération, à moins que le plomb ne s'élevant dans le bassin intérieur au dessus de la partie inférieure de cette ouverture, on ne craigne qu'il coule au dehors; ce qui force alors à construire une petite digue pour l'en empêcher.

Bientôt on ouvre les deux portes extrêmes de la face de devant, et le maître-fondeur rejette, par l'une et par l'autre, sur la sole du fourneau les crasses surnageant le bain, et quelques instans après, débouchant le trou de coulée, on recueille le plomb métallique qu'elles ont produit.

Dans le même temps, l'aide retourne le minérai avec la spadèle par les portes de derrière.

Les portes de derrière étant de nouveau fermées, et les deux portes extrêmes de la face de devant étant ouvertes, le maître-fondeur jette une pelletée de menue houille ou de cendres de coke dans le bain de plomb, et brasse le tout ensemble. Il retourne le minérai dans le fourneau avec la spadèle, et environ trois quarts d'heure après le commencement de l'opération, il rejette sur la sole les nouvelles crasses qui surnagent le bain dans le bassin extérieur et qui sont mêlées de charbon. Il retourne crasses et minérai avec la spadèle et ferme ensuite toutes les portes.

Le maître-fondeur coule alors le plomb dans les lingotières, le métal paraît très pur; il se forme beaucoup moins de crasses à sa surface que lorsqu'on coule les saumons à Lea.

Au bout d'un certain temps, l'aide retourne encore le minérai par les portes de derrière.

Un peu plus d'une heure après le commence-

ment de l'opération, on fait une coulée de plomb, qui provient des dernières crasses refondues. Cette coulée est abondante, elle remplit presque la moitié de la capacité du bassin extérieur.

Le maître-fondeur et son aide, chacun de leur côté, et successivement par les différentes portes de ces deux faces du fourneau, retournent le minérai avec les spadèles.

L'intérieur du fourneau, dans ce moment, est d'un rouge sombre; le grillage paraît se continuer plutôt par la combustion des parties sulfureuses que par l'action de la houille qui est sur la grille.

Le maître-fondeur, fermant les portes de devant, à l'exception de celle située près du pont, enlève les nouvelles crasses déposées à la surface du bain, et après les avoir égouttées les rejette dans le fourneau par la porte qui est restée ouverte.

Une heure et demie environ après le commencement de l'opération, le plomb coule en petite quantité du minérai; on cherche cependant à éviter, autant que possible, cette réduction de la galène, du moins pendant les deux premières heures.

Bientôt les ouvriers, ouvrant toutes les portes, retournent de nouveau le minérai avec les spadèles, chacun de leur côté.

Une heure trois quarts après le commencement de l'opération, il n'y a que très peu de vapeurs dans le fourneau, dont la température paraît très basse.

On ne voit plus couler de plomb sur la sole. On ajoute alors un peu de houille sur la grille pour ne pas trop laisser refroidir le fourneau. Les ouvriers ensuite retournent encore le minérai, puis ferment toutes les portes.

Deux heures après le commencement de l'opération, *le premier feu* (*first fire*) ou grillage est terminé; on ferme toutes les portes, on lève un peu le registre, et on jette de la houille sur la grille, pour donner *le second feu* (*second fire*).

Vingt-cinq minutes se passent sans qu'on ouvre les portes de nouveau, et le *second feu* est alors terminé.

On ouvre toutes les portes; l'intérieur du fourneau est d'un rouge assez vif, et le plomb ruisselle de tous côtés vers le bassin intérieur.

Le maître-fondeur, avec la spadèle ou le râble, repousse vers la partie supérieure de la sole les scories qui nagent sur le bain dans le bassin intérieur, et l'aide, avec les mêmes outils, par les portes de derrière, étend ces scories uniformément sur toute sa surface.

Le maître-fondeur jette alors par la porte du milieu de la face de devant quelques pelletées de chaux sur le bain de plomb.

Pendant environ un quart d'heure, l'aide, passant la spadèle successivement par les trois portes de derrière, retourne, mêle le minérai et les scories, et les étend, tandis que le maître repousse vers le haut les matières qui descendent vers le bassin intérieur.

Les portes du fourneau restent ensuite ouvertes pendant quelques instans sans que l'on travaille dans son intérieur. Le plomb métallique que l'on avait relevé avec les scories coule alors de nouveau vers le bassin intérieur.

Toutes les fois qu'on laisse ainsi les portes ouvertes, le fourneau se refroidit, et en apparence sans nécessité, lorsqu'on ne travaille pas; mais M. Henri dit que ce *rafraîchissement du fourneau*

(*cooling of the furnace*) est nécessaire pour mieux opérer la séparation des produits entre eux et spécialement des scories du bain de plomb.

Le fourneau s'étant *reposé* pendant quelques instans, les ouvriers recommencent à travailler comme précédemment, ils relèvent les scories et les retournent avec le minérai.

Trois heures après le commencement de l'opération, on charge un peu de combustible, mais seulement pour entretenir la chaleur du fourneau, en continuant le même travail.

Trois heures dix minutes après le commencement de l'opération, on couvre la grille de charbon pour donner le *troisième feu* (*third fire*), et on lève complétement le registre de la cheminée; on ferme toutes les portes et on laisse ainsi le fourneau pendant trois quarts d'heure.

Quatre heures moins cinq minutes après le commencement de l'opération, on ouvre toutes les portes; l'aide égalise les surfaces avec le râble, et facilite ainsi la descente des gouttelettes de plomb; puis travaillant, comme précédemment, en même temps que le maître-fondeur, il étend les scories, que celui-ci relève.

Le maître-fondeur jette de nouveau de la chaux: le but de cette addition n'est pas seulement de couvrir le bain de plomb, afin de le préserver de l'oxidation, mais aussi de rendre les scories moins fluides.

Après un travail de dix minutes seulement, comptées du moment que le troisième feu a été terminé, l'ouvrier charge de nouveau du combustible sur la grille, et ferme les portes pour donner le *quatrième feu* (*fourth fire*).

Quatre heures quarante minutes après le com-

mencement de l'opération, le quatrième feu est achevé.

On ouvre toutes les portes, et le maître-fondeur débouche le trou de coulée, par où le plomb se rend du bassin intérieur dans le bassin extérieur. Il jette ensuite de la chaux sur le bain de plomb renfermé dans le bassin extérieur.

Il pousse enfin les scories séchées vers la partie supérieure de la sole, et l'aide les retire par une des portes de derrière.

Ainsi la durée totale de l'opération est d'environ quatre heures et demie, on compte en moyenne cinq heures.

En résumé, on peut distinguer quatre périodes bien distinctes dans ce travail de réduction :

La première, dite *premier feu*, est la période du grillage des minérais. On maintient le fourneau à une basse température, la chaleur ne s'élève que très graduellement ; on renouvelle souvent les surfaces ; enfin on retire en même temps le plomb des crasses de la précédente opération, et le minérai même produit déjà un peu de métal. Cette période dure deux heures.

La seconde période est dite *second feu*, c'est un fondage proprement dit. On augmente la chaleur et on laisse le fourneau fermé. Les différens élémens des minérais réagissant les uns sur les autres, il se produit du plomb et des scories riches, qui se réunissent dans le bassin intérieur. Les ouvriers repoussent les scories sur la sole, les étendent et les mêlent avec le minérai non réduit : c'est ce qu'on appelle *sécher* (*to dry up*) les scories. Ils rafraîchissent aussi le fourneau pour mieux opérer la séparation des produits.

Les deux dernières périodes, dites *troisième* et

quatrième feu, sont aussi deux fondages qui ne diffèrent du premier fondage qu'en ce qu'ils s'opèrent à une plus haute température. C'est dans le dernier surtout que la chaleur est considérable.

La forme et les dimensions du fourneau sont calculées pour que la chaleur soit uniformément distribuée sur toute l'étendue de la sole.

On a quelquefois fait bouillir du bois vert avec le plomb métallique réuni dans le bassin extérieur, afin de favoriser la séparation des crasses et d'obtenir du plomb plus pur; mais on n'y a pas trouvé d'avantage sous le rapport de l'économie.

Fonte des scories dans le fourneau à cuve (slag hearth).

Les scories séchées qui proviennent de la réduction des minérais dans le fourneau à réverbère sont blanchâtres et pesantes, on les refond toutes dans le fourneau à cuve.

Fourneau.

Ce fourneau est à peu près semblable à celui que nous avons décrit précédemment, il est seulement plus étroit. La sole en est plus inclinée; la tuyère y est éloignée de 17 pouces du fond et de 18 pouces du gueulard. Le diamètre de la buse est de 1 $\frac{1}{2}$ pouce.

Les soufflets sont en cuir, on préférerait des soufflets à piston.

Une machine à vapeur de quatre chevaux souffle trois de ces fourneaux et fait aller en outre un petit moulin à écraser les scories.

Quantité de vent.

On n'emploie ordinairement dans ces fourneaux que les menus cokes ou cinders tombés de

la grille du fourneau à réverbère et de la consommation desquels on ne tient pas compte; quelquefois, mais rarement, on se sert de coke en morceaux.

Nous ne décrirons pas l'opération, qui est semblable à celle de Lea.

Les nouvelles scories qui en proviennent sont écrasées sous une meule, et ensuite lavées sur des tables et au moyen de cribles à secousse.

Richesse des minérais, consommation, etc.

La richesse des minérais descend rarement au dessous de 70 pour 100.

D'après le témoignage du directeur de l'usine, les derniers schlichs que l'on a traités donnaient, à l'essai,

Sur une tonne de 20 quint.......... 15 8/20 qx. de plomb,

On a obtenu, dans le fourneau à réverbère,

Sur 20 qx. de schlichs............ 13 1/2 qx. de plomb,
.... 3 1/2 qx. de scories.

L'essai a indiqué dans ces scories,

Sur 20 qx.................... 5 qx. de plomb;

Ce qui fait,

Sur 3 1/2 qx.................. 7/8 qal. de plomb.

Des 3 1/2 qx. provenant du fourneau à réverbère,

On a obtenu.................. 3/4 qal. de plomb:

Ainsi, en résumé,

20 qx. de schlichs, donnant, à l'essai, 15 8/20 qx. de plomb,

Ont rendu,

Dans le four à réverbère.	13 1/2 qx. de plomb,
Dans le four à cuve.	3/4 qal. de plomb.
En tout. . .	14 1/4.

La perte totale en plomb serait donc,

Sur 20 qx. de schlichs. . . . . 1 3/20 qal.

D'après ce qui précède, cette perte peut ainsi se répartir :

Dans le four à réverbère.	1 1/40 qal. de plomb,
Dans le fourneau à cuve.	5/40.

Si nous réduisons toutes ces données en centièmes, nous aurons,

Contenu du schlich, d'après l'essai. .	77 (1) p. 100 de pl.
Contenu des scories.	25.

(1) Ce contenu du schlich, d'après l'essai, nous paraît considérable ; car les galènes pures, quoiqu'elles contiennent 86,55 pour 100 de plomb, ne donnent pas, par les meilleures méthodes docimastiques, plus de 80 pour 100. Peut-être la tonne de schlichs dont il s'agit ici est-elle la tonne *long weight*, composée de 20 quintaux de 120 livres ; tandis que le poids du métal aurait été calculé en quintaux de 112 liv. On aurait alors :

Contenu du schlich, d'après l'essai. .	**71,75 pour 100,**
Rendement.	**66,50,**
Déchet.	**5,25.**

100 de schlich rendront :

Dans le fourneau à réverbère.....	67,50 de plomb ,
Dans le fourneau à cuve........	3,75,
En tout.....	71,25.
La perte serait par conséquent de..	5,75 sur 100 de pl.,

Et elle se répartirait ainsi :

Dans le four à réverbère........	5,125,
Dans le four à cuve..........	0,625,
	5,750.

La consommation en combustible dans le fourneau à réverbère est de 10 quintaux de houille de qualité médiocre pour 20 quintaux de schlichs.

Les menus cokes brûlés dans le fourneau à cuve n'ayant aucune valeur, on n'en tient pas compte.

Quatre ouvriers sont attachés à un fourneau, deux seulement travaillent à la fois. Ils reçoivent, pour 18 tonnes de schlichs passés en quatre jours, 54 schillings (68fr.,04) ; ce qui fait par ouvrier et par jour $\frac{13\ 1/4 \text{ shell.}}{4}$ ou $3\frac{5}{16}$ schillings.

Manquant de données sur les frais généraux, nous ne chercherons pas à établir le prix de revient du quintal de plomb à l'usine de Holywell.

On obtient quelquefois, dans le pays de Galles, des plombs assez riches en argent pour qu'on en retire ce métal; mais nous n'avons pas eu d'occasion d'en suivre la coupellation.

TRAITEMENT DES MINÉRAIS A ALSTON-MOOR.

Les usines d'Alston-Moor sont groupées autour de la petite ville d'Alston, dans le Cumberland.

Le procédé suivi à Alston-Moor pour la réduction des minérais de plomb dans le four à réverbère paraît être à peu près le même que celui du Derbyshire; nous ne pourrions cependant l'affirmer, aucun propriétaire d'usine n'ayant voulu nous recevoir.

Voici quelques renseignemens sur la richesse des minérais du Cumberland, et la perte en plomb dans le traitement métallurgique. Ils nous ont été communiqués par l'essayeur des mines.

Le contenu des schlichs indiqué par l'essai varie entre 65 et 75 pour 100 de plomb, et de 1 à 21 onces d'argent par tonne.

Le contenu *moyen* est de :

68 à 70 pour 100 de plomb, et 10 à 12 onces d'argent par tonne.

On calcule, généralement dans les usines, sur les schlichs une perte de :

3 pour 100 d'humidité, et 5 pour 100 de plomb, d'après le résultat de ces essais.

La perte en plomb est souvent plus élevée.

TRAITEMENT DES MINÉRAIS DE PLOMB A GRASSINGTON.

RÉDUCTION DU SCHLICH.

L'usine de Grassington est située à environ 10 milles anglais au nord de Skipton, dans le Yorkshire.

Fourneaux. Les fourneaux à réverbère de Grassington, construits par M. Henry, fils du directeur de l'usine de Holywell, ne diffèrent que par quelques dimensions de ceux de Holywell.

Les *fig.* 12 et 13, Pl. I, en sont une représentation exacte.

La sole du fourneau de Grassington a une partie plate plus étendue que celle du fourneau de Holywell, en sorte que si la courbe *abcdc'b'a'* est la section de l'une, la courbe *a o p d p' o' a'* sera la section de l'autre.

La distance du plan au niveau du seuil des portes au fond du bassin intérieur varie entre 18 pouces et 24 pouces (0,62 et 0,46), suivant les minérais.

La sole se compose de vieilles scories, dont on a des provisions; elle se fait de la même manière qu'à Holywell.

Minérais. Les minérais que l'on traite dans cette usine sont de la galène pure, des mélanges de galène et de plomb carbonaté, accompagnés de carbonate de chaux, sulfate de baryte, etc., et peu réfractaires. Quelquefois on réduit du plomb carbonaté pur.

Le combustible est une houille d'assez bonne qualité, qui vient du Lancashire, et coûte 19 schillings (23fr.,95), la tonne.

Opération. Le travail est à peu près le même qu'à Holywell.

La charge en minérais est de 18 quintaux de 123 livres chaque; ce qui fait 2214 livres, ou près de 1 tonne de 2240 livres.

On commence par un grillage, ce qui dure deux, trois et même quatre heures, suivant la qualité du minérai.

Vient ensuite un premier fondage. On sèche les scories avec de la chaux et de la menue houille, et on les relève sur la sole. La houille est la même que celle que l'on emploie sur la grille,

elle a seulement été cassée en morceaux et passée au crible.

On répète cette opération du fondage et du séchage des scories aussi long-temps que les scories paraissent encore assez riches pour mériter un nouveau coup de feu. Rarement a-t-elle lieu plus de trois fois.

Les ouvriers travaillent le minérai plus dans le voisinage du pont, où ils l'amoncellent, que dans les autres parties du fourneau ; ce qui n'a pas lieu à Holywell.

On ajoute souvent du fluate de chaux comme fondant ; mais cela n'est pas toujours nécessaire.

On a soin de maintenir constamment recouvert de chaux le plomb qui se rassemble dans le bassin intérieur du fourneau, et on ne le coule que lorsque l'opération est terminée.

Il faut ordinairement sept heures ou huit heures pour passer la charge de 18 quintaux.

On n'obtient, comme à Holywell, qu'une espèce de scories ou crasses, que l'on retire du fourneau à réverbère avec des râbles, et que l'on refond dans le fourneau à cuve.

On n'a pas encore établi dans cette usine, construite depuis très peu de temps, de fourneaux à cuve ; mais on s'occupait, lors de notre passage à Grassington, d'en élever un.

Lorsque l'on traite du carbonate de plomb, la charge pèse moins, et l'opération ne dure pas au delà de quatre à cinq heures.

Richesse du minérai, consommation en combustible, main-d'œuvre.

Les schlichs de plomb traités à Grassington donnent en moyenne, à l'essai, 70 pour 100 de

plomb, et seulement 3 onces d'argent par tonne. Ils sont évidemment trop pauvres en argent pour être coupellés.

Le mélange de minérais que l'on fondait, lors de notre séjour dans le Yorkshire, rendait dans le fourneau à réverbère 12 $\frac{1}{2}$ quintaux de plomb sur 18 quintaux de schlichs ou environ 69,4 pour 100.

D'autres mélanges ont donné jusqu'à 13 et 14 quintaux de plomb sur 18 de schlichs (72,2 à 77 pour 100) (1), ou seulement de 10 à 11 quintaux de 55,5 à 61,1 pour 100.

Des scories séchées que l'on refond dans le fourneau à cuve donnent, à l'essai, 3 quintaux de métal par tonne de 20 quintaux; ce qui fait 15 pour 100 de plomb.

Nos données ne sont pas assez complètes pour estimer exactement la perte en plomb, comme nous l'avons fait pour l'usine de Holywell.

La consommation en combustible n'est que de 7 $\frac{1}{2}$ quintaux de 112 livres pour 18 quintaux de 123 livres de schlichs, ou environ 7 $\frac{1}{2}$ quintaux pour 1 tonne de schlichs.

Les ouvriers ne sont pas payés, à Grassington comme à Holywell, d'après leur temps de travail. Ils reçoivent 8 shillings (10fr.,08) par tonne de plomb, tandis qu'à Holywell la même quantité

---

(1) Nous devons répéter ici la même observation que nous avons faite en parlant du rendement des schlichs à Holywell. Il est possible que les quintaux de métal soient de 112 livres, tandis que ceux de schlich seraient de 123 liv. On aurait alors:

Rendement actuel des schlichs... 63,23 pour 100,
Rendement *maximum*.............. 66 à 71,
Rendement *minimum*.............. 50 à 55.

de métal ne coûte pas plus de 4 à 5 shillings de main-d'œuvre; mais comme ils en obtiennent beaucoup moins dans le même temps, il arrive qu'en définitive leur salaire n'est pas beaucoup plus élevé.

Dans le Yorkshire, et en général dans la plupart des comtés industriels de l'Angleterre, le prix de la main-d'œuvre du journalier varie de 2 shillings 3 pence à 2 shillings 6 pence.

Cette donnée facilitera les comparaisons avec le prix du travail des fondeurs sur le continent.

TRAITEMENT DES MINÉRAIS DE PLOMB EN CORNOUAILLES.

Il n'existe actuellement d'usine à plomb en Cornouailles que celle dont nous allons parler, et qui est située à 11 milles au nord-est de la ville de Redruth, près des bords de la mer.

Il ne nous a pas été possible d'étudier en détail le procédé que l'on y suit, et qui est très différent des autres procédés anglais. Nous avons pu cependant en saisir quelques particularités, dont nous croyons à propos de faire mention dans cet article.

Fourneau de réduction.

Le fourneau de réduction est semblable, pour la forme, à celui de Grassington; mais les dimensions en sont différentes. Les voici telles que nous les avons nous-même mesurées.

Longueur de la sole	12 pieds.
Largeur	7
Longueur de la grille	6
Largeur	2 1/2
Hauteur. du pont au dessus de la grille.	3
Distance du pont à la voûte	» 10 p°.
Haut. du pont au dessus de la sole, environ	2

La voûte va en s'abaissant vers la cheminée.

La sole a un bassin intérieur comme celle de tous les autres fourneaux que nous avons décrits précédemment.

Minérais. Les minérais sont des galènes très riches en argent, et contenant ordinairement de 70 à 72 pour 100 de plomb.

On brûle comme combustible de la houille de bonne qualité venant du sud du pays de Galles.

Le minérai n'est pas immédiatement traité dans le fourneau de réduction. On lui fait d'abord subir un grillage dans un autre fourneau à réverbère.

Fourneau de grillage. La sole de ces fours de grillage a 9 $\frac{1}{2}$ pieds (2^m,89) de long sur environ 7 pieds (2^m,13) de large. Le pont a 2 pieds 6 pouces (0^m,76) au dessus de la sole, et n'est éloigné que de 6 pouces (0^m,15) de la voûte. Nous ne connaissons pas les autres dimensions. La voûte est presque entièrement plate.

Grillage. La charge est de 12 quintaux (609 kil.).

La durée du grillage est de 12 heures.

La consommation en combustible est d'environ 3 boisseaux de houille par 24 heures; ce qui fait environ 252 liv. pour 24 quint., ou un peu moins de 2 quint. par tonne.

Réduction. On achève le grillage du minérai dans le fourneau de réduction, en élevant graduellement la chaleur pendant les trois premières heures de l'opération. On donne ensuite un coup de feu, et l'on obtient un bain de plomb et des scories. On sèche les scories avec de la houille sèche menue ou *culm*. On les relève sur la partie haute de la sole, on les refond de nouveau, etc. On ajoute un fondant, qui paraît être du carbonate de chaux et qui renferme peut-être aussi du fluate;

mais nous ne savons pas à quelle époque de l'opération; enfin on coule des scories de nulle valeur. Nous ne croyons pas qu'on en sèche ou refonde aucune.

6 heures ou 6 ½ heures environ après le commencement de l'opération, on fait une coulée de 6 pains de plomb, on ajoute le *culm*, et l'on fait, immédiatement après l'addition du *culm*, une nouvelle coulée de 8 pains. Enfin, après avoir bien mêlé le *culm* avec la masse, et donné le dernier coup de feu, qui dure près de 4 heures, on coule de nouveau environ 9 pains.

Ainsi on obtient en tout 23 pains, et l'opération de la réduction dure environ dix heures.

Nous n'avons pu recueillir des renseignemens exacts sur la perte en plomb, etc.

La consommation en combustible dans le fourneau de réduction est d'environ 2 tonnes de houille par opération; ce qui fait 1 tonne par tonne de schlich grillé, ou 1015 kilogrammes.

DIFFÉRENCE ENTRE LES PROCÉDÉS DÉCRITS PRÉCÉDEMMENT.

Les procédés que nous venons de décrire présentent entre eux des différences qu'il importe de faire ressortir.

Parallèle entre le procédé de Lea et ceux de Holywell et Grassington.

Le travail à Lea diffère essentiellement de celui des usines de Holywell et Grassington, en ce qu'on ne sèche pas les scories pour les relever sur la partie haute de la sole, et les refondre de nouveau; que l'on donne un coup de feu en commençant, et enfin en ce que l'on fait écouler une partie des scories.

Il diffère en outre de celui de Holywell en ce que l'on ajoute du fluate de chaux, et que l'on donne

moins de chaleur. Le fourneau est du reste construit, comme à Holywell, dans le but d'en chauffer toutes les parties aussi également que possible.

Il diffère encore de celui de Grassington en ce que l'on travaille le minérai sur toute l'étendue de la sole et que l'on donne plus de chaleur. Comme à Lea, on cherche à distribuer la flamme uniformément ; le pont est plus élevé qu'à Grassington et la voûte s'abaisse davantage dans le voisinage de la cheminée.

A Lea, la durée de l'opération et la consommation en combustible sont les mêmes qu'à Holywell; mais, à Lea, on use une partie du combustible et du temps en pure perte pour la refonte des crasses après la coulée du plomb ; tandis qu'à Holywell cette refonte s'opère dans la période du grillage.

Parallèle entre le procédé de Holywell et celui de Grassington.

Si l'on compare le procédé de Holywell à celui de Grassington, on trouve qu'à Grassington les minérais étant mêlés de substances moins réfractaires qu'à Holywell, il n'est pas nécessaire de chauffer le fourneau aussi fortement; que l'on ajoute à Grassington du fluate de chaux dans quelques cas, ce qui ne paraît pas avoir lieu à Holywell; et qu'à Grassington on appauvrit les scories plus qu'à Holywell, en travaillant sur une sole moins inclinée. Enfin on observera aussi qu'à Holywell, l'opération, conduite plus *chaudement,* ne dure que cinq heures pour la réduction d'une tonne de minérai et exige 10 quintaux de houille ; tandis qu'à Grassington, l'opération dure de sept à sept heures et demie, et qu'on ne consomme que 7 $\frac{1}{2}$ quintaux de houille pour passer une charge à peu près égale à la précédente.

La chaleur nécessaire pour traiter les minérais

de Grassington est si faible qu'on espère pouvoir substituer, dans cette usine, la tourbe à la houille.

Quant à l'appauvrissement des scories, M. Henri nous a dit qu'il avait essayé de le pousser aussi loin à Holywell qu'à Grassington, mais qu'il n'y avait trouvé aucun avantage.

Parallèle entre le procédé de Cornouailles et ceux de Lea, Holywell et Grassington.

Le procédé de Cornouailles diffère de tous les autres en ce que l'on commence le grillage du minérai dans un fourneau particulier. Il offre, comme point d'analogie avec les procédés de Holywell, l'appauvrissement des scories par la chaux et le charbon.

La chaleur paraît du reste, dans les fourneaux de Cornouailles, devoir être distribuée uniformément, et il est probable qu'elle est plus élevée que dans les fourneaux du Derbyshire, du pays de Galles ou du Yorkshire.

La consommation en combustible est, proportion gardée, plus grande dans l'usine de Cornouailles que dans les autres que nous avons décrites.

On a essayé à Grassington le traitement de Cornouailles. La perte en plomb et la consommation en combustible ont été plus grands que dans le traitement ordinaire; mais les expériences n'ont pas été bien faites, puisqu'on n'a grillé le minérai que dans le fourneau de réduction. D'ailleurs pour établir une juste comparaison entre les deux procédés, il eût fallu opérer sur les mêmes minérais.

THÉORIE.

Grillage ou calcination du minérai.

La théorie de ces divers procédés est fort simple. A Holywell, à Grassington et en Cornouailles, on commence par griller le minérai en élevant

graduellement la chaleur : on le convertit en un mélange composé principalement de sulfure de plomb non décomposé, sulfate et oxide de plomb dont les proportions relatives dépendent du plus ou moins de soin avec lequel les ouvriers ont conduit le travail.

A Lea, on commence par donner un coup de feu, cela est peut-être nécessaire pour échauffer la capacité intérieure du fourneau, considérablement refroidie pendant la refonte des crasses de l'opération précédente : au surplus, il se forme également un mélange de sulfure, sulfate et oxide de plomb ; il est à demi fondu.

Réduction du schlich.

Après le grillage ou la calcination, on élève dans chacune des usines dont nous avons parlé la température du fourneau, de manière à transformer le schlich en une *masse pâteuse* : l'oxide et le sulfate réagissent alors sur le sulfure de manière à produire un sous-sulfure dont le métal se sépare par liquation. M. Puvis a très bien expliqué ce phénomène chimique dans un mémoire inséré dans les *Annales des mines* en 1817.

Rafraîchissemens du fourneau.

Les *rafraîchissemens* du fourneau (*cooling of the furnace*) facilitent la liquation toutes les fois que le sous-sulfure s'étant formé, le minérai a passé, par l'élévation de température, de l'état pâteux à l'état liquide : ils ramènent le schlich à l'état pâteux, et sont ainsi nécessaires pour produire, comme le disait M. Henri, la séparation des différens corps.

Addition du fluate de chaux.

La proportion des gangues augmentant à mesure que l'on obtient une plus grande quantité de plomb, le fondant (*fluate et carbonate de chaux*), que l'on ajoute à Lea, a pour but d'en entraîner une partie à l'état de scories liquides ;

mais il est probable que le sulfate de plomb devenant prédominant en même temps que les gangues, ces scories liquides doivent en retenir une assez forte dose. Les scories séchées en contiennent encore davantage; mais l'on se rappelle qu'elles sont refondues au fourneau à manche.

Séchage des scories par la chaux.

Le séchage des scories liquides par la chaux, à Holywell, a pour but de déplacer, par cette base terreuse, l'oxide de plomb qu'elles renferment, afin qu'à l'état de liberté il puisse réagir sur le sulfure échappé à la décomposition ou au grillage.

Autre effet de la chaux.

Peut-être aussi la chaux n'agit-elle que mécaniquement en diminuant la fluidité des produits: répandue sur le bain de plomb, elle le préserve de l'oxidation.

Effet du fer des outils.

Le fer des outils, qui s'usent très promptement, est aussi un agent réductif du sulfure de plomb.

Addition de menu charbon.

L'addition du menu charbon, qui se fait en même temps que celle de la chaux, comme à Grassington, a pour effet de réduire directement de l'oxide de plomb, ou de ramener du sulfate à l'état de sulfure : elle a aussi lieu à Holywell, dans quelques cas particuliers.

Limite d'appauvrissement des scories.

L'appauvrissement des scories peut être poussé très loin, en prolongeant l'opération et multipliant les additions de chaux et de charbon : ce sont des considérations économiques qui doivent fixer la limite de richesse à laquelle il convient de retirer ces crasses du fourneau à réverbère pour les passer dans le fourneau à manche.

S'il est vrai qu'en Cornouailles on coule toutes les scories, il arriverait que l'opération, qui ailleurs a lieu dans le fourneau à manche, s'y effectuerait dans le fourneau à réverbère.

Effet de la température sur la perte en plomb.

Nous avons dit qu'on donnait moins de chaleur à Grassington qu'à Holywell ou à Lea, et peut-être moins à Holywell qu'en Cornouailles, il est clair que moins on est obligé d'élever la température, moins on a à craindre la perte par volatilisation, et que par conséquent cette perte doit être très faible à Grassington.

Conjecture sur les avantages du procédé de Cornouailles.

On ne voit pas de suite ce qui a pu décider à adopter en Cornouailles un procédé différant autant sous plusieurs rapports de ceux qui sont suivis dans les autres parties de l'Angleterre ; peut-être parvient-on, par cette méthode, en conduisant le grillage avec plus de soin et ajoutant à diverses reprises de la chaux et du charbon, à retirer plus de plomb des minérais que par tout autre : on concevrait alors qu'en Cornouailles, où les plombs sont extrêmement riches en argent, il importe de perdre aussi peu de métal que possible ; dans le Derbyshire, au contraire, le pays de Galles ou le Yorkshire, une perte de métal doit être compensée par une moindre consommation de temps, de combustible et de main-d'œuvre.

RAPPROCHEMENS ENTRE LES PROCÉDÉS ANGLAIS ET LES PROCÉDÉS DU CONTINENT.

Nous désirions terminer ce mémoire par une comparaison exacte des procédés anglais avec ceux que l'on suit sur le continent, nous nous sommes bientôt convaincu que ce travail présentait des difficultés insurmontables. Il fallait établir des parallèles entre la richesse des minérais, la nature et la fusibilité de leurs gangues; les pertes en métal et les consommations en combustible.

Peu de minérais ont été analysés ou même essayés par voie humide, la richesse des autres ne nous est connue que par des résultats d'essais par voie sèche : nous n'avons donc aucune notion exacte de la teneur en métal de ceux-ci, puisque ce dernier mode d'essai entraîne toujours avec lui une erreur, qui varie suivant le flux dont on s'est servi et selon le plus ou moins de soin avec lequel on a conduit l'opération.

Si nous connaissons mal la richesse des minérais, nous avons encore une moins juste idée de la nature de leurs gangues et de leur degré plus ou moins élevé de fusibilité; ces deux derniers élémens ont cependant une grande influence sur les consommations.

Dès que la richesse des minérais n'est pas exactement déterminée, il est impossible d'évaluer la perte en plomb qui a lieu pendant le travail métallurgique.

Enfin, les consommations en combustible de differentes usines ne peuvent être comparées que d'une manière tout à fait conjecturale, puisque, pour apprécier la valeur calorifique des différens combustibles, il faudrait en connaître parfaitement la nature.

D'après ce qui précède, nous devrons nous borner à établir quelques rapprochemens entre les procédés suivis pour la réduction des minérais de plomb. Ces rapprochemens, quoique incomplets, nous conduiront à des conclusions intéressantes.

Production annuelle de plomb en Europe.

La production annuelle du plomb en Europe est dans ce moment d'environ 725,000 quintaux métriques : trois septièmes sont produits par l'Angleterre, une quantité à peu près égale par

l'Espagne, le reste par l'Allemagne et la Russie. La France n'en produit guère que la cinq centième partie, elle suffit à peine à la cinquantième partie de sa consommation.

On peut diviser les procédés de réduction des minérais de plomb en trois grandes classes, suivant l'espèce de fourneau qu'ils réclament :

Le procédé au four à réverbère ;

Le procédé au demi-haut-fourneau ;

Le procédé au fourneau écossais.

Nous nous occuperons d'abord du procédé au four à réverbère.

Procédés au four à réverbère.

Les principales usines où l'on emploie le fourneau à réverbère et où l'on réduit des galènes sont : l'usine de Pesey en Savoie, celle de Poullaouen en Bretagne, les usines de Bleyberg en Carinthie, les usines d'Angleterre, dont nous avons parlé, et quelques usines d'Espagne.

Dans la plus grande usine de l'Espagne, située à Adra sur la Méditerranée, on suit le procédé du nord du pays de Galles : ainsi, nous n'aurons aucune mention particulière à faire du procédé espagnol (1).

Nous éviterons aussi de revenir sur le procédé de Cornouailles, parce que nous ne le connaissons que trop imparfaitement.

Opérations. Voici une description sommaire des différentes opérations métallurgiques.

(1) Il paraîtrait, d'après quelques échantillons de minérais espagnols qui ont été apportés à l'École des mines, qu'ils ont aussi leur gisement dans le calcaire comme la plupart des minérais anglais, avec lesquels ils ont une grande analogie.

A Pesey (1), le schlich est d'abord grillé à une température graduée ; on l'amène ensuite à l'état pâteux, et on produit beaucoup de plomb par la réaction du sulfate et de l'oxide sur le sulfure. Dès que le métal cesse de couler, le *ressuage* a lieu ; on augmente le feu, on jette sur la sole du bois ou du charbon, qui agit en même temps comme combustible et comme réductif, et on obtient une dernière quantité de plomb.

La charge est de 1250 kilog. L'opération dure seize heures.

Il reste sur la sole du four à réverbère des crasses que l'on repasse au four à manche, et qui donnent du plomb et des scories sans valeur.

A Poullaouen (2), on suit des procédés différens dans le four à réverbère.

Premier procédé. On charge le schlich sans addition. On commence par donner un coup de feu : dès que la température, qui s'était d'abord fortement élevée, est descendue au rouge brun, on grille le schlich, en renouvelant les surfaces avec la spadelle ; le schlich étant grillé, on l'amène à l'état pâteux, et il se produit du plomb. On maintient la chaleur au degré convenable sur la sole, en y jetant de petites bûches. Bientôt arrive l'époque du ressuage : on élève la température, et on jette sur la sole beaucoup de bois. Il reste des crasses, qui sont refondues au fourneau à manche.

---

(1) Voyez le mémoire de M. Puvis, *Annales des Mines*, 1817.

(2) Tous les renseignemens que nous donnons sur l'usine de Poullaouen sont extraits d'un mémoire inédit de M. Baillo, ancien Elève des mines.

La charge est de 1300 kilogr. La durée de l'opération varie de seize à vingt-quatre heures, suivant les minérais que l'on réduit et la nature du combustible que l'on brûle.

Deuxième procédé. On ajoute au minérai de la ferraille. Pendant la première demi-heure, on élève graduellement la chaleur, et on la maintient ensuite constante jusqu'à la fin de l'opération. Il reste des mattes qui ne contiennent pas au delà de 1 à 1 $\frac{1}{2}$ pour 100 de plomb.

La charge est d'environ 700 kilogrammes, la durée de l'opération de trois heures.

A Raibel (1), en Carinthie, on grille d'abord le minérai pendant six à sept heures, puis on fait réagir le sulfate et l'oxide sur le sulfure; enfin, on ajoute du charbon sur la sole : il reste des crasses, qui ne contiennent que 5 pour 100 de plomb, et qui sont par conséquent trop pauvres pour être repassées au fourneau à manche.

La charge est de 3 quintaux de Vienne (168 kilog.); l'opération dure de dix à douze heures.

Nature et richesse des minérais.

Les schlichs de Pesey donnent, à l'analyse, 83 pour 100 et 76, à l'essai, avec le flux noir. Ce sont donc des galènes à peu près pures. La partie de gangue qui reste après le lavage se compose de baryte sulfatée et de pyrite de fer. Le mélange, traité à Poullaouen (8 de schlich de Poullaouen à 64 pour 100 et 5 de schlich de Huelgoat à 50 pour 100), ne donne, à l'essai, que 58,60 pour 100, quelquefois même il est plus pauvre. Les galènes de Poullaouen sont accompagnées de beaucoup de blende, de quarz et d'un peu de pyrite de fer. Les schlichs de Carinthie donnent,

(1) Voyez *la Richesse minérale*, 3e. volume, page 259.

terme moyen, 72 pour 100. Le minérai est accompagné de chaux carbonatée, quarz, zinc sulfuré et zinc oxidé. Nous rappellerons que les schlichs de Holywell produisent ordinairement de 70 à 72, et quelquefois 77 pour 100; ils proviennent d'un minérai qui a pour gangues la blende, la calamine, des pyrites de fer, le carbonate de chaux, etc. Les schlichs d'Alston-Moor donnent de 65 à 75 pour 100. Les minérais du Derbyshire sont des galènes mélangées de carbonate de plomb, de sulfate de baryte, de carbonate et de fluate de chaux. Nous n'avons pas de renseignemens sur leur contenu en plomb d'après l'essai; mais s'ils rendent 66 pour 100 en moyenne, comme on nous l'a dit, on doit considérer tous les minérais anglais comme étant d'une richesse moyenne assez grande.

Perte en plomb.

100 kilogrammes de schlich de Pesey produisent, dans le four à réverbère, 65^{k},41 (1) de plomb d'œuvre et 16,37 kilog. de crasses, contenant de 28 à 29 pour 100 de plomb. Ces 16,37 kilog. de crasses rendent, dans le fourneau à manche, 4,59 kilog. de plomb d'œuvre. Ainsi, 100 de schlich rendent en totalité à Pesey 70 pour 100. La perte réelle serait donc de 13 de plomb pour 100 de schlich, ou 15,66 pour 100 du plomb contenu.

A Poullaouen, par le premier procédé, on obtient de 100 kilogrammes de schlich 35,65 kilogrammes de crasses contenant 40 pour 100 de plomb. On les refond dans le fourneau à manche, et on perd en tout, d'*après l'essai,* 4,47 pour 100 de schlich, ou 7,62 pour 100 de

(1) Voyez un Mémoire de M. Berthier, *Annales des Mines,* 1820.

l'œuvre contenu. Par le second procédé, on ne perd que 1,18 pour 100 de l'œuvre : ainsi, en supposant que l'essai ait été fait avec la même exactitude et par les mêmes méthodes pour tous les schlichs traités par l'un quelconque de ces procédés, la perte sur l'essai, et conséquemment la perte réelle, serait beaucoup moindre par le procédé viennois.

On ne saurait décider si, dans l'un ou dans l'autre procédé de Poullaouen, la perte réelle est plus grande qu'à Pesey. En admettant que les essais aient lieu à Pesey avec le même flux et avec le même soin qu'à Poullaouen, on serait tenté de croire que la perte réelle par le premier procédé est à peu près la même qu'à Pesey, et que par conséquent la perte par le second est moindre.

En Carinthie, la perte fictive est de 8,33 pour 100 de plomb sur des schlichs, rendant, dans le fourneau à réverbère, 66 pour 100 de métal.

A Holywell, on obtient de 100 de schlichs une quantité de crasses à peu près égale à celle que produit le même poids de minérai à Pesey, et ces crasses sont à peu près de même richesse. S'il est vrai que, dans cette usine, des schlichs riches rendent quelquefois 70 pour 100 de métal, comme on nous l'a assuré, il s'ensuivrait que la perte différerait peu de celle de Pesey.

A Lea, les minérais, étant beaucoup moins bien lavés qu'en Savoie, ne doivent jamais être aussi riches que ceux de Pesey. S'ils produisent en moyenne 66 pour 100, il est probable que quelques uns rendent au moins 68. Il faudrait donc encore conclure que la perte, dans ce traitement, ne saurait être plus forte que dans les précédens.

Il paraîtrait d'après ce que nous venons de dire que, quoique l'on ne puisse guère évaluer la perte réelle en plomb dans les différens traitemens au four à réverbère, dans aucun, elle ne s'élève au delà de 15 à 16 pour 100 du plomb contenu dans le schlich, et qu'elle est plus faible dans le procédé viennois.

Consommation en combustible.

A Pesey, on ne brûle que du bois dans le fourneau à réverbère.

Pour 100 kilog. de schlichs, rendant en tout 70 pour 100 de plomb, on consomme 0,333 stères de bois de sapin, et on jette sur la sole 2,75 kilog. de charbon. En admettant, avec M. Berthier (1), que le stère de sapin de Savoie, séché à l'air et tel qu'on l'emploie dans les usines, pèse 325 kilog., et en supposant, d'après les expériences de MM. Clément et Desormes (2), qu'un kilog. de bois quelconque, séché à l'air, produise en brûlant 2945 unités de chaleur ou calories, on trouve que 0,333 du stère de sapin donnent 317108 calories.

Le kilogramme de charbon de bois, produisant 7050 calories, 2,75 kilog. (3) représenteront une valeur calorifique de 19387 calories.

Ainsi, le combustible total employé dans le four à réverbère de Pesey, pour 100 de schlichs, représentera une valeur calorifique de 336495 calories.

---

(1) Voyez *Chimie appliquée aux arts,* de M. Dumas.

(2) Voyez *Dictionnaire technologique,* article *Combustible.*

(3) Le charbon de bois est destiné surtout à agir comme réductif; cependant, comme il se consume, il faut aussi tenir compte de la chaleur qu'il développe.

Les crasses qui proviennent de 100 kilog. de schlichs consomment, pour leur réduction dans le fourneau à manche, 5,90 kilog. de charbon ou 41595 calories.

La valeur calorifique employée pour extraire le plomb de 100 kilog. de minérai à Pesey est donc de 378090 unités de chaleur, cela fait 540128 calories pour 100 kilog. de plomb.

A Poullaouen, lorsqu'on suit le premier procédé, on brûle dans un fourneau du bois de corde et des fagots, et dans l'autre de la houille.

Ne connaissant pas le poids des fagots, nous ne pouvons en évaluer la valeur calorifique ; nous serons donc obligé de nous borner à estimer la consommation de chaleur par le fourneau qui brûle de la houille.

On traite dans ce fourneau un mélange de schlichs de Poullaouen et de Huelgoat (23 parties schlich de Poullaouen, à 64 pour 100, et 27 parties schlich de Huelgoat, à 50 pour 100), qui ne renferment en moyenne que 54,44 pour 100 de plomb.

On brûle sur la grille, pour 100 kil. de schlichs, 0,36 hect. de houille d'assez médiocre qualité.

Supposant que l'hectolitre pèse 90 kilogrammes, 0,36 hect. pèseront 32,40 kilogrammes.

Le kilog. de houille, de qualité très inférieure, ne donne, d'après M. Clément, que 5932 calories. Nous supposerons que le kilog. de la houille médiocre dont on se sert à Poullaouen en donne 6000 : 32,40 kilog. donneront 194400 calories.

On consomme, en outre, 0,2 de stère de bois de chène et hêtre.

Soit le poids d'un stère de bois dur 370 kilog.,

0,2 stère pèseront 74 kilog., et représenteront 217930 unités de chaleur.

Ainsi, à Poullaouen, le fourneau à réverbère emploiera une valeur calorifique de 412330 calories.

Les 100 kilog. du schlich mentionné ci-dessus laissent 27,03 kilog. de crasses blanches, qui, pour leur refonte, brûlent 11,4 kilog. de charbon, et consomment ainsi 80370 unités de chaleur.

Ainsi, le nombre total d'unités de chaleur consommées pour le traitement au four à réverbère, par le premier procédé de Poullaouen, de 100 kilog. d'un mélange de schlichs, rendant en tout 52 pour 100 de plomb, est de 492700; ce qui fait 947500 calories pour 100 de plomb d'œuvre.

Dans le second procédé de Poullaouen, 100 kilog. d'un mélange de schlichs, rendant 52,86 de plomb, consomment 0,48 hectolitres de houille, représentant 43,20 kilog., ou 259200 calories : cela fait 490352 calories pour 100 de plomb.

A Raibel, en Carinthie, on consomme, pour 100 quintaux (5145 kilog.) de plomb, 2777 pieds cubes (69,425 mètres cubes) de bois résineux : cela fait 440 kilog. de bois, ou 1295800 calories pour 100 kilog. de plomb.

Dans d'autres usines de Carinthie, où l'on traite des schlichs moins réfractaires qu'à Raibel, la consommation en combustible est, selon M. de Villefosse, un tiers moins considérable : elle serait donc de 863866 calories pour 100 de plomb.

A Holywell, on consomme 50 kilog. de houille de qualité médiocre, ou 300000 calories pour 100 kilog. de schlich. Ce schlich rend 70 pour 100 de plomb, cela fait 428571 calories pour 100 kilog. de plomb.

Nous rappelons que les menus cokes, brûlés

dans le fourneau à cuve, n'ayant aucune valeur, on n'en tient pas compte (1).

A Lea, la consommation est peu différente; elle est de 77 kilog. de houille, ou 462000 calories pour 100 kilog. de plomb; mais à ce nombre il faudrait ajouter la consommation du fourneau à manche, sur laquelle nos données sont incertaines, et qui ne peut pas être négligée, puisqu'à Lea on brûle bien positivement du gros coke dans le fourneau à manche. Il conviendra aussi de remarquer que quoique nous ayons assigné à la houille de Lea la même valeur calorifique qu'à celle de Holywell, la première est certainement supérieure.

A Grassington, la consommation en combustible est moindre qu'à Holywell et à Lea.

Résumé.

En résumé, on voit que, pour extraire le plomb de 100 kilogrammes de schlich, on consomme:

	Calories.	Calories.
A Pesey. Dans le four à réverbère. . .	336495	378090
Dans le four à manche. . . .	41595	
A Poullaouen. 1er. procédé. Dans le four à réverbère.	412330	492700
Dans le four à manche . . .	80370	
2e. procédé. Dans le four à réverbère.		259200
En Carinthie. Dans le four à réverbère, à Raibel		868866
Dans d'autres usines.		575910
A Holywell. Dans le four à réverbère.	300000	300000
Dans le four à manche.	?	
A Lea. Dans le four à réverbère. . . .	300000	?
Dans le four à manche.	?	

(1) Il est difficile de croire que la réduction des crasses n'exige pas aussi l'emploi de cokes en morceaux.

Pour 100 de plomb, on consomme :

	Calories.	Calories.
A Pesey. Dans le four à réverbère. . .	480707	540128
Dans le four à manche.	59421	
A Poullaouen. 1er. procédé. Dans le four à réverbère	792942	947500
Dans le four à manche. . . .	154558	
2e. procédé. Dans le four à réverbère		490352
En Carinthie. Dans le four à réverbère, à Raibel.		1295800
Dans d'autres usines.		863866
A Holywell. Dans le four à réverbère.	428571	?
Dans le four à manche.	?	
A Lea. Dans le four à réverbère. . .	454545	?
Dans le four à manche.	?	

On voit, d'après ces tableaux, que les quantités de chaleur employées dans les fourneaux à réverbère d'Angleterre et dans celui de Pesey, pour les galènes riches, sont à peu près les mêmes, ou que, s'il y avait avantage d'un côté, ce serait en faveur du traitement anglais. A Poullaouen, la consommation de chaleur dans le four à réverbère est d'environ 76000 calories supérieure à celle de Pesey, pour la réduction d'un quintal métrique de schlich. Cette différence provient sans doute de ce que la proportion des gangues est, dans le schlich de Poullaouen, plus considérable que dans celui de Pesey. En Carinthie, la dépense en combustible est énorme : cela peut tenir à la nature des minérais ou à l'imperfection du travail, peut-être cela tient-il à ces deux causes à la fois. Enfin, le procédé viennois est celui qui exige le moins de chaleur ; mais il ne faut pas

oublier qu'il consomme de la fonte ou du fer comme réductifs (1).

Il eût été intéressant aussi de comparer les dépenses de chaleur du fourneau à manche ordinaire et du fourneau à manche anglais ou *slag-hearth ;* mais nos données sur la consommation du *slag hearth* sont insuffisantes. Un ouvrier nous a assuré à Alston-Moor que pour réduire des crasses à peu près de même richesse qu'à Pesey, on ne brûlait que 22 à 24 boisseaux de coke ; ce qui fait environ 19 quintaux pour une tonne ou 20 quintaux de plomb : disons 1 quintal de coke par quintal de plomb. Ce résultat serait bien faible, puisqu'à Pesey on brûle $5^{k},90$ de charbon, équivalant à peu près à $6^{k},73$ de coke pour 4,80 kilog. de plomb ; ce qui fait environ 1,50 de coke pour 1 de plomb ; il est possible cependant que les crasses d'Alston-Moor soient plus fusibles que celles de Pesey.

Temps nécessaire pour passer 100 kilog. de schlich.

100 kilog. de schlich sont passés, dans le four à réverbère à Pesey, en une heure 17 minutes ;

(1) La comparaison des combustibles par le nombre de calories qu'ils peuvent donner nous a paru plus exacte et devant mener plus facilement à une conclusion que toute autre ; mais on n'a point encore fait les expériences nécessaires pour que cette comparaison pût être complète : la chaleur dégagée par un corps en combustion se dissipe par le courant d'air qui se produit naturellement et par le rayonnement, le rapport des quantités de chaleur dissipées de l'une et de l'autre manière varie pour chaque combustible. Il faudrait donc, dans le procédé au fourneau à réverbère, tenir compte de cette différence pour le rayonnement qui a lieu sous la grille ; car, dans ces rapprochemens, nous voulons montrer les quantités de chaleur employées à produire 100 kilog. de plomb, abstraction faite de ce qu'elles coûtent.

A Poullaouen, lorsque le mélange de schlich donne 58,60 pour 100 à l'essai et que l'on brûle du bois sur la grille, en une heure 13 minutes; à Poullaouen, par le procédé viennois, en 32 minutes; à Holywell, en 30 minutes; à Grassington, en 48 minutes; à Lea, en 44 minutes.

Nous voyons donc que le travail dans les fourneaux à réverbère du nord de l'Angleterre se fait bien plus rapidement qu'à Pesey et à Poullaouen. Le procédé viennois le dispute seul au procédé de Holywell.

Les schlichs fondus dans ces différentes usines n'étant pas d'égale richesse, il est évident que la quantité de plomb produite n'est pas proportionnelle à la quantité de schlich; mais il sera aisé de la calculer d'après les indications que nous avons données du rendement en métal.

Main-d'œuvre.

En Angleterre, quatre ouvriers seulement sont attachés à un fourneau, deux travaillent à la fois: ainsi, chaque ouvrier travaille 12 heures par jour. A Poullaouen, huit ouvriers sont attachés à chaque fourneau, quatre travaillent ensemble par poste de 12 heures. Mais, en Angleterre, les deux ouvriers travaillant 12 heures reçoivent 6 $\frac{5}{8}$ shillings ou 8 fr. 25, et à Poullaouen, les quatre ouvriers ne reçoivent, par poste de 12 heures, que 4 fr. 35.

Ainsi, dans le travail du plomb comme dans celui du fer, les ouvriers anglais font plus d'ouvrage dans le même temps que les ouvriers français: du reste, le prix de la main-d'œuvre est beaucoup plus élevé en Angleterre qu'en France.

Les ouvriers attachés, à Poullaouen, au fourneau viennois, sont en même nombre que les ouvriers attachés aux autres fourneaux, et ils sont payés de même.

La production de plomb, dans un certain temps, étant plus grande en Angleterre qu'à Poullaouen, par l'un ou l'autre procédé, il est clair que les frais de main-d'œuvre, répartis par tonne de plomb, y sont proportionnellement moindres; mais la différence est bien moins considérable avec le procédé viennois qu'avec l'autre procédé.

A Pesey, les ouvriers se paient plus cher qu'à Poullaouen : douze ouvriers y sont attachés à un four à réverbère (1); mais quatre seulement travaillent ensemble par poste de 16 heures. Ces quatre ouvriers reçoivent 156 francs par mois ou pour quinze postes de 16 heures : cela fait 10 fr. 40 par poste de 16 heures, ou 7 fr. 53 pour 12 heures de travail.

Procédé au four à manche ou au demi-haut-fourneau.

Description des opérations.

Les principales usines où l'on emploie ce procédé sont celles de Vialas et Villefort en France, Tarnowitz en Silésie, Vedrin en Belgique, du Bleyberg sur les bords du Rhin, et de Clausthal dans le Hartz. Nous ne parlerons pas du travail du plomb à Freyberg, parce que les minérais y sont trop compliqués.

Voici la description sommaire des opérations :

A Vialas et Villefort (2), on grille les schlichs dans un four à réverbère, et on réduit le schlich grillé dans un four à manche, en le mêlant avec

(1) Ces renseignemens sont extraits d'un mémoire inédit de M. de Villeneuve, ingénieur des mines.

(2) Toutes nos données sur l'usine de Vialas et Villefort sont extraites d'un mémoire publié en 1824 dans les *Annales des Mines* par M. Levallois.

différens produits, tels que crasses et litharges.

A Tarnowitz (1), on passe le schlich avec de la fonte de fer, dans un demi-haut-fourneau. On obtient immédiatement du plomb d'œuvre et des mattes, qui ne contiennent pas au delà de 1 ½ à 2 pour 100 de métal.

A Vedrin (2), les minérais mêlés déjà avec de l'oxide rouge de fer sont passés, avec addition de scories de forges, dans un bas-fourneau, quelques variétés sont auparavant grillées. On obtient immédiatement du plomb et des scories pauvres.

Au Bleyberg (3), près d'Aix-la-Chapelle, le minérai est passé dans un fourneau à manche avec de la chaux éteinte et des scories d'affinerie de fer. Ce mélange produit du plomb et des scories pauvres.

A Clausthal (4), le minérai est d'abord réduit, dans un demi-haut-fourneau, par la fonte de fer. On obtient du plomb et des mattes riches, celles-ci sont grillées et refondues; on obtient de nouveau plomb d'œuvre et de nouvelles mattes. L'opération se répète ainsi un certain nombre de fois, jusqu'à ce qu'enfin les mattes soient devenues pauvres.

Nature et richesse des minérais.

Les minérais de Vialas et Villefort sont des galènes qui, avant d'être grillées, ne donnent, par la voie humide, que 60 pour 100 de plomb. Elles ont pour gangues la chaux carbonatée, la baryte

(1) Nous avons consulté, pour le procédé de Tarnowitz, le mémoire qu'a publié sur cette usine M. Manès dans les *Annales des Mines*, 1re. livraison 1826.

(2) Voyez le mémoire de M. Bouesnel sur l'usine de Vedrin, *Journal des Mines*, XXVII, 169.

(3) Voyez *Richesse minérale*, tome III, page 266.

(4) Voyez *Richesse minérale*, tome III, page 214.

sulfatée, le quarz, la magnésie carbonatée, l'oxide de fer, le fer, le zinc et l'antimoine sulfurés.

On traite à Tarnowitz des galènes très riches, qui ne paraissent pas retenir plus de 3 à 4 pour 100 de gangue, et des schlichs, qui ne produisent que 40 pour 100 : nous ne nous occuperons que du traitement des galènes riches, ce qui nous suffira pour établir nos comparaisons. La gangue de ces minérais est la chaux carbonatée, le fer et le zinc oxidés.

A Vedrin, les minérais sont des mélanges de beaucoup de plomb carbonaté et de plomb sulfuré, accompagnés d'ocre rouge, de pyrite de fer et de zinc sulfuré.

Ils ne rendent pas dans le fourneau plus de 32 pour 100, terme moyen.

Les minérais du Bleyberg, disséminés dans un grès récent, ne rendent pas au delà de 32,5 pour 100 à l'essai.

Les minérais traités à Clausthal sont des galènes dont le mélange ne donne en moyenne que de 40 à 42 pour 100 de plomb à l'essai; elles ont pour gangue la chaux carbonatée, la baryte sulfatée, le quarz et le fer spathique.

Perte en plomb.

D'après les relations que nous avons sous les yeux des procédés de Vialas et Villefort et de Vedrin, nous ne voyons aucun moyen d'estimer d'une manière un peu précise la perte fictive en plomb. M. Levallois suppose néanmoins qu'à Vialas et Villefort elle est moindre qu'à Pesey.

Tout porte à croire, dit M. Manès, qu'à Tarnowitz la perte en plomb dépasse de très peu celle qui a lieu dans les meilleures méthodes

usitées. La perte réelle ne semble être, dans la fonte riche, que de 13,5 pour 100 du minérai contenant 82, ou de 16 pour 100 du plomb contenu.

Au Bleyberg, les minérais donnent 25 pour 100 dans le fourneau. La perte fictive est donc de 7,5 sur 100 de schlich, ou de 23 pour 100 de plomb contenu.

A Clausthal, d'après M. de Villefosse, la perte sur l'essai ne serait que de 12 pour 100 du plomb contenu après sa conversion en litharges et la revivification de celles-ci. En ne supposant que 5 pour 100 de perte à la coupellation et à la revivification, il resterait 7 pour 100 pour la perte fictive en œuvre; ce qui serait très faible. Ce résultat paraît extraordinaire lorsqu'on songe à la pauvreté du minérai et aux opérations multipliées qu'on lui fait subir ainsi qu'aux produits, avant d'en avoir extrait tout le métal. Les essais, peut-être, auront été très inexacts.

Il serait difficile, d'après ce qui précède, de tirer une conclusion positive sur la perte en plomb dans le traitement des galènes au fourneau à manche. Il n'est pas certain, comme l'ont avancé quelques personnes, qu'elle soit toujours plus grande que dans le four à réverbère.

Consommation en combustible.

Comme on fond à Vialas et Villefort les schlichs grillés avec un assez grand nombre d'autres produits, nous n'avons pu estimer la consommation en combustible que d'une manière très approximative. Voici les résultats auxquels nous sommes parvenu. Pour le grillage de 100 kilog., on consomme 40 kilog. de houille (1), représentant

(1) Quoiqu'il se trouve de très bonnes qualités de houille

240000 calories et 161 kilog. de bois représentant 474100 calories : ainsi, la valeur calorifique du combustible employé dans le grillage serait de 714100 calories.

100 kilog. de schlich en donnent environ 89 de schlich grillé, qui brûlent environ 45 kilog. de charbon de bois dans le fourneau à manche pour leur réduction. Ces 45 kilog. de charbon de bois représentent 317250 calories : d'où la consommation totale en unités de chaleur pour le grillage et la réduction de 100 kilog. de schlich est de 1031350 calories.

En supposant que 100 kilog. de schlich produisent 50 kilog. de plomb marchand, nombre auquel nous sommes parvenu par une série de probabilités, il faudrait 2062700 calories pour 100 kilog. de plomb marchand.

A Tarnowitz, on brûle environ 50 pieds cubes de coke pour réduire 100 quintaux de schlich, qui rend 67 pour 100.

Une tonne (mesure de Silésie) de coke pèse 2 quintaux. Sa capacité est de 7,11 pieds cubes, d'où 1 pied cube pèse 0,28 quintaux et 50 pieds cubes 14 quintaux. Ainsi, on ne brûle, pour traiter 100 kil. de schlich, que 14 kilog. de coke (1), correspondant à 88830 calories : cela fait 132582 calories pour 100 de plomb obtenu.

---

aux environs de Vialas et Villefort, nous devons supposer que l'on n'emploie que les plus médiocres pour le grillage des minérais de plomb : c'est pourquoi nous ne portons leur valeur calorifique qu'à 6000 calories par kilog.

(1) Nous prenons pour la valeur calorifique du coke de Tarnowitz 6345 calories, qui est celle d'un coke contenant 10 pour 100 de matières terreuses.

A Vedrin, on brûle environ 34 kilog. de charbon de bois pour 100 kilog. de minérais mélangés, dont on obtient 32 kilog. de plomb : cela fait 239700 calories pour 100 kilog. de minérais et 749063 calories pour 100 kilog. de plomb. Il faudrait ajouter la quantité de combustible brûlée pour le grillage d'une petite partie des minérais qui exige cette opération. Mais cette quantité de combustible est très faible, et nous ne pouvons en apprécier la valeur calorifique, parce qu'elle consiste en copeaux dont le poids nous est inconnu.

Au Bleyberg, 100 kilog. de schlich dépensent 26,6 kil. de coke (1), dont la valeur calorifique est de 168777 calories, et 3,3 kilog. de charbon de bois, dont la valeur calorifique est de 23265. La consommation totale en unités de chaleur est donc de 192042 pour 100 kilog. de schlich, ou 768168 calories pour 100 de plomb.

Quelquefois on ne brûle que du charbon de bois résineux, et on en consomme alors 41,50 (2)

(1) *Richesse minérale,* tome III, page 267.

(2) Il peut paraître alors extraordinaire que pour produire le même effet, on ne brûle que de 26,6 kil. de coke plus 3,3 kilog. de charbon de bois, tandis que la valeur calorifique du charbon de bois est plus grande que celle du coke. Cependant, nous trouvons aussi dans l'ouvrage de M. de Villefosse, lorsqu'il s'agit du traitement des minérais de cuivre, que pour une même quantité de lit de fusion, on brûle, dans un demi-haut-fourneau, 1451 liv. de charbon de bois résineux, ou 1677 liv. de charbon de bois dur, ou, enfin, 1165 liv. de coke. 100 kilog. de mattes provenant de ce traitement sont réduits, soit avec 42 kilog. de charbon de bois, soit avec 26 kilog. de coke ; enfin, nous lisons dans la seconde édition de la *Métallurgie du fer,* de Karsten, que si le coke employé dans un haut-fourneau pour la réduction des minérais de fer produit moins d'effet

kilog., représentant 292575 calories pour 100 kilogrammes de schlich, ou 166 kilog., représentant 1170300 calories pour 100 kilog de plomb.

Quant à la consommation en combustible dans le traitement du Hartz, nous ne pouvons l'apprécier, parce qu'à Clausthal on brûle pour le grillage de la matte des fagots dont nous ignorons le poids.

Résumé. Ainsi, en résumé :

Pour 100 kilog. de schlich, on consomme :

		Calories.	Calories.
A Vialaset Villefort..	Dans le four à rév. de grill..	714100	1031350
	Dans le four à manche	317250	
A Tarnowitz			88830
A Vedrin			239700
Au Bleyberg (Roer)			192042, ou 292575

---

que le charbon de bois, c'est le contraire lorsqu'on s'en sert dans un fourneau à marche ou dans un fourneau à la Wilkinson, peu élevé, pour refondre de la fonte. M. Karsten a constaté ces résultats par des expériences directes. Dans un fourneau à la Wilkinson, d'une grande hauteur, le rapport devient favorable pour le charbon de bois, dont la consommation est réduite de presque moitié. Cela nous expliquerait aussi pourquoi la consommation en unités de chaleur est moindre en Angleterre dans le *slag-hearth*, où l'on brûle du coke, qu'à Pesey dans le fourneau à manche, où l'on consomme du charbon de bois. Il faudrait enfin en conclure que lorsque le combustible est du charbon de bois, et que les matières que l'on réduit sont réfractaires, les fourneaux à cuve élevés valent mieux que les bas-fourneaux.

A Freyberg, où l'on réduit des minérais d'argent, plomb et cuivre dans des demi-hauts-fourneaux, l'effet d'un certain poids de coke est moindre que celui du même poids de charbon de bois (V. Mémoire de M. Perdonnet, *Ann. des Mines*, 5e. liv. de 1827); mais l'avantage du charbon de bois

Pour 100 kilog. de plomb produit, on consomme :

		Calories.	Calories.
A Vialas et Villefort..	Dans le four de grillage...	1428200	2062700
	Dans le four à manche....	634500	
A Tarnowitz........................			132582
A Vedrin........................			749063
Au Bleyberg........................			768168, ou 1170300

A Vialas et Villefort, on consomme considérablement de chaleur, cela tient peut-être au peu de fusibilité des minérais. On a essayé dans cette usine le procédé de Pesey, on n'a pas réussi; mais les expériences paraissent avoir été mal faites. Il serait à désirer qu'on fît de nouvelles tentatives; car il est probable qu'en adoptant le procédé de Pesey on économiserait beaucoup de combustible.

Les consommations à Vedrin et au Bleyberg, pour des minérais pauvres, ne diffèrent pas considérablement. La quantité de chaleur employée dans ces fours à manche est bien moindre que dans les fours à réverbère : c'est un résultat auquel on devait s'attendre, puisque, dans le four à manche, le combustible étant en contact avec la substance à échauffer, il est bien plus facile d'en tirer tout le parti possible ; mais il ne faudrait pas croire pour cela que le fourneau à manche procure une grande économie d'argent sur le combustible. Il est très important d'obser-

sur le coke varie suivant la nature des opérations. Ainsi, il est plus faible dans la fonte de concentration ou fonte crue (*roh arbeit*) des minérais pauvres, que dans la fonte des mattes cuivreuses obtenues vers la fin de ce traitement.

ver que celui-ci ne se vend pas proportionnellement à sa valeur calorifique : ainsi, par exemple, le bois donnant généralement environ de 18 à 20 pour 100 de son poids de charbon, 41,5 kilog. de charbon brûlé au Bleyberg pour 100 de schlich correspondent à 210 kilog. de bois, dont la valeur calorifique est de 618456 calories. Ces 41,5 kilog. de charbon se vendront donc le même prix que 210 kilog. de bois, augmenté des frais de carbonisation.

A Tarnowitz, comme on emploie du fer pour la réduction de la galène, la consommation en combustible est très faible. Remarquons cependant que les 14 kilog. de coke, à 10 pour 100 de cendres, brûlés pour 100 kilog. de schlich, correspondent à 28 kil. de houille à 5 pour 100 de cendres, et de meilleure qualité par conséquent que celle que nous avons supposée servir à Poullaouen : ainsi, en ajoutant à sa valeur celle des frais de carbonisation, on arrivera bien près du prix coûtant des 43,20 kilog. de houille employés à Poullaouen dans le fourneau viennois. Il faut, d'ailleurs, se rappeler que les schlichs de Poullaouen sont bien moins riches que ceux de Tarnowitz.

Temps nécessaire pour passer 100 kilog. de schlich.

On emploie pour le traitement de 100 kilog. de schlich, à Vialas et Villefort, 3 heures dans le grillage et une heure dans la fonte ; à Vedrin, une heure dans la fonte ; à Tarnowitz, 20 minutes. Nous n'avons pas de données sur la durée du travail au Bleyberg. En supposant qu'à Vialas et Villefort le grillage s'opère en même temps que la fonte, au moyen du nombre de fourneaux nécessaire, il suivrait de ce qui précède que l'on passerait le schlich un peu plus rapidement au

four à manche, à Vialas et à Vedrin, qu'au four à réverbère à Pesey et à Poullaouen. Le travail marcherait à Tarnowitz plus vite encore que par aucun des procédés au four à réverbère, y compris même le procédé viennois.

Main-d'œuvre.

Le nombre d'ouvriers attachés au fourneau à manche à Tarnowitz, et en général à toute espèce de fourneau à manche ou de demi-haut-fourneau, est de trois : ainsi, dans des pays où le prix de la main-d'œuvre sera le même, les frais répartis par tonne de plomb seront proportionnels à la rapidité du travail et à la richesse du minérai; ils seront par conséquent très faibles à Tarnowitz.

Les ouvriers attachés à un fourneau à manche ont un travail bien moins pénible que les ouvriers qui conduisent un fourneau à réverbère, on peut donc les payer moins : ainsi, à égalité de charge passée dans le même temps, le prix de la main-d'œuvre sera plus élevé dans le procédé au four à réverbère.

Procédés au fourneau écossais.

Procédé anglais.

Le procédé au fourneau écossais n'est aujourd'hui employé que dans le nord de l'Angleterre; il l'a été à Pesey.

En Angleterre, on grille d'abord le minérai au four à réverbère; on en sépare une grande partie du plomb, dans un fourneau particulier, par une espèce de liquation, qui s'opère à une basse température, et on refond les crasses dans le slag-hearth. MM. Beaumont et Dufrénoy ont décrit ces opérations avec beaucoup de soin.

On passe au fourneau de grillage trois charges de 8 quint. en 24 heures, et on brûle 3 quin-

taux de houille pour ces 24 quint. de schlich; ce qui fait environ 12 kil. pour 100 kil. de schlich.

Le minérai grillé donne, dans le fourneau écossais, 66 pour 100 de plomb, et ne brûle qu'une quantité extrêmement faible de combustible. Lorsque l'opération est en bon train, on obtient 1 quintal anglais de plomb toutes les demi-heures : on passe donc 1 quintal de schlich en 20 minutes ou 100 kilog. en 40 minutes.

Nous n'avons aucune notion exacte de la perte en plomb.

Ce traitement paraît présenter quelques avantages, surtout sous le rapport de la consommation en combustible. Le traitement écossais, aujourd'hui abandonné à Pesey, en diffère essentiellement.

Procédé de Pesey.

La perte en plomb par le traitement de Pesey était de 5 pour 100 de schlichs plus grande que par le procédé au four à réverbère.

La consommation en combustible pour 114 kilog. de schlich grillé, provenant de 100 kilog. de schlich brut, était de 42,5 kilog. de charbon de bois et 8,12 kilog. de bois dans le fourneau écossais, et on brûlait encore 15,5 kilog. de charbon de bois pour refondre, dans le fourneau à manche, 18 kilog. de crasses qui en résultaient. La consommation totale en combustible pour la réduction de 100 kilog. de schlich, non compris le combustible du grillage, était donc de 58 kilog. de charbon de bois et 8,12 kilog. de bois; ce qui est déjà plus qu'au Bleyberg et à Vedrin, où l'on fond au fourneau à manche des minérais beaucoup plus pauvres qu'à Pesey.

Enfin, il fallait environ 4 heures pour obtenir 100 de plomb dans le fourneau écossais.

On trouvera plus de détails sur cette comparaison du fourneau écossais de Pesey et du fourneau à réverbère dans le Mémoire de M. Puvis, inséré dans les *Annales des Mines* de 1817.

CONCLUSION.

De tous les procédés suivis pour la réduction de la galène, celui dans lequel on se sert de fer ou de fonte, soit qu'on emploie le four à réverbère ou le four à manche, est le plus économique sous le double rapport de la consommation en combustible et des frais de main-d'œuvre. La perte en plomb par ce procédé ne paraît pas dépasser celle qui a lieu par les meilleures méthodes usitées, peut-être même est-elle moindre dans le procédé viennois; mais l'addition de fer entraîne dans une dépense qui peut compenser entièrement les économies que l'on a faites d'autre part.

Les minérais de Tarnowitz étant plus riches que ceux de Poullaouen et de nature différente, il est difficile d'établir un parallèle entre le procédé viennois et celui de Tarnowitz. Il paraîtrait toutefois que la dépense en combustible est un peu moins considérable à Tarnowitz et la rapidité avec laquelle passent les charges un peu plus grande; mais, à Tarnowitz, il y a en plus la dépense de la soufflerie.

La perte en plomb et la dépense en combustible dans les mines du nord de l'Angleterre ne paraissent pas dépasser celles qui ont lieu dans les usines les mieux conduites du continent, peut-être même la dépense en combustible est-elle moindre dans les usines d'Angleterre.

Les procédés anglais se distinguent surtout

par l'extrême rapidité du travail; ce qui diminue les frais de main-d'œuvre.

Le procédé au four à manche ou au demi-haut-fourneau ne paraît pas en général beaucoup plus économique que le procédé au four à réverbère, si ce n'est peut-être dans quelques circonstances très particulières. La dépense en argent pour le combustible, par cette méthode, paraît plus considérable, et l'on a des frais de soufflerie que l'on évite avec le four à réverbère; il est possible cependant que le fourneau à manche convienne mieux aux minérais très pauvres.

Quant au procédé au four écossais, il paraîtrait que, tel qu'il est pratiqué en Angleterre, il peut lutter, pour le traitement de certains minérais, avec le travail au four à réverbère.

ANALYSE

De quelques produits des usines à plomb d'Angleterre; préparation de diverses combinaisons salines fusibles;

Par M. P. BERTHIER.

MM. Coste et Perdonnet ayant déposé à l'École des mines une très belle collection métallurgique relative au traitement des minérais de plomb qu'ils ont recueillie dans le voyage qu'ils viennent de faire en Angleterre, je me suis empressé d'examiner cette collection pour la comparer à celles qui proviennent des usines du continent. Je vais faire connaître la composition des produits qui m'ont présenté quelque chose de particulier. Comme parmi ces produits il y en a quelques uns qui sont très fusibles, et qui renferment des élémens qu'on n'avait pas encore rencontrés combinés entre eux, j'ai été conduit, pour me rendre compte de leur fusibilité, à faire un assez grand nombre d'expériences synthétiques sur les combinaisons des fluorures, chlorures et sulfures avec différens sels : je décrirai sommairement ces expériences, qui, indépendamment de l'intérêt scientifique qu'elles me semblent offrir, pourront contribuer à perfectionner la métallurgie et la docimasie.

Alston-Moor.

Le minérai d'Alston-Moor est de la galène mêlée d'un peu de blende et de carbonate de plomb. Après qu'on l'a grillé, on le fond au fourneau écossais, et l'on repasse au fourneau à manche les crasses qui proviennent de ce premier

travail. Les scories qui s'écoulent de ce fourneau sont compactes, d'un noir métalloïde comme les scories de forges, homogènes, grenues, à grains fins cristallins et brillans, très fortement magnétiques. L'acide muriatique les attaque très facilement. Elles sont composées de :

Silice	0,285
Protoxide de fer	0,250
Chaux	0,240
Oxide de zinc	0,106
Alumine	0,070
Oxide de plomb	0,030
Magnésie	trace.
	0,981.

Elles fondent très bien au creuset brasqué avec addition de 0,16 de quarz, et produisent un verre transparent, de couleur un peu enfumée, recouvert de grosses grenailles de fonte.

A Alston-Moor, on fait passer les fumées de tous les fourneaux dans une longue cheminée, sur les parois de laquelle les poussières et toutes les matières condensables se déposent. On recueille ces matières de temps à autre ; à l'entrée de la cheminée, près des fourneaux, elles sont fortement agglomérées, et forment des masses criblées de cavités arrondies, très pesantes, à cassure unie, mate, d'un gris clair nuancé de jaunâtre et de rougeâtre. Elles sont composées de :

Sulfate de plomb	0,656
Oxide de plomb	0,102
Oxide de zinc	0,138
Oxide de fer	0,034
Silice et alumine	0,056
Sulfure de plomb	0,014
	1,000.

Elles ont dû être dans un état de mollesse voisin de la liquidité.

Il se forme un composé analogue à l'entrée des cheminées des fourneaux à reverbère de Conflans en Savoie, dans lesquels on traite de la galène à peu près pure. Un échantillon, recueilli il y a deux ans, et qui était compacte, jaunâtre, opaque et à cassure unie un peu luisante, a donné, à l'analyse :

Sulfate de plomb.	0,390	
Oxide de plomb.	0,426	0,990.
Silice, alumine, chaux, oxide de fer.	0,174	

Le sulfate de plomb provient du sulfure volatilisé, qui se brûle dans l'air. Ce sulfate ne se fondrait pas dans les cheminées s'il était pur, car la chaleur blanche est à peine suffisante pour le ramollir; mais sa fusion est, sans aucun doute, déterminée dans cette circonstance par son mélange avec l'oxide de plomb. En effet, j'ai trouvé, par expérience, qu'il ne faut qu'une très petite quantité de cet oxide pour donner une très grande fusibilité au sulfate de plomb. J'ai essayé les mélanges suivans :

Sulf. de plomb.	37g,91—2at.	37g,98—4at.	37g,91—8at.
Litharge. . . .	13 ,95—1	6 ,91—1	3 ,49—1
	51 ,86	44 ,89	41 ,40

Ils sont devenus tous les trois aussi liquides que de l'eau au blanc naissant, et ils ont produit des émaux blancs, translucides, à cassure plus ou moins cristalline; l'émail du premier mélange avait une structure décidément fibreuse, et l'on voyait même dans les cavités quelques petits cristaux transparens. Lorsqu'on emploie

la litharge dans la proportion de 1 at. 27,89 pour 1 at. de sulfate de plomb 37,91, il se forme un sous-sulfate extrêmement fusible, incolore, et qui a une grande tendance à cristalliser; de telle sorte que quand on le fait refroidir avec les précautions convenables, il offre de grands cristaux prismatiques incolores et transparens. Pour peu que l'on augmente la proportion de litharge, la matière se colore en jaune serin ou en jaune paille.

Redruth en Cornouailles.

Le minérai de Redruth est une galène riche en argent, qui rend, à l'essai sur les usines, 0,70 à 0,72 de plomb. On grille ce minérai pendant douze heures dans un four à réverbère, par charges de 12 quintaux; puis on le transporte dans un autre four à réverbère, où l'on achève de le griller pour en extraire le plomb, en y ajoutant quelques fondans. Les scories sont rejetées. Un échantillon de ces scories, provenant d'une opération dans laquelle on n'avait probablement pas ajouté de fluate de chaux, a été trouvé composé de :

Silice	0,350
Protoxide de fer. .	0,225
Chaux.	0,190
Oxide de plomb. .	0,120
Oxide de zinc . . .	0,060
Alumine	0,035
Soufre et charbon	trace.
	0,980.

Cette scorie était compacte, d'un noir légèrement métalloïde, à cassure grenue un peu écailleuse ou lamelleuse, et magnétique : elle ressemblait à un basalte. Essayée avec quatre parties de flux noir, qui sont nécessaires pour obtenir une

bonne fusion, elle a produit 0,08 de plomb métallique.

On recueille à l'entrée des cheminées des fours à réverbère de fusion une matière compacte, mamelonnée, vitreuse, opaque et d'un jaune brun de résine, qui est composée de :

Silice.	0,206
Oxide de plomb..	0,712
Alumine	0,074
Chaux.	0,002
Oxide de fer. . .	trace.
	0,994.

Cette matière est évidemment produite par l'action qu'exercent sur les briques les fumées de plomb qui tapissent la cheminée, et qui se fondent et coulent le long des parois dans les instans où l'on donne de forts coups de feu.

Grassington, près Skipton, en Yorkshire.

A Grassington, les minérais, que l'on traite sont des mélanges de galène et de carbonate de plomb, qui ont pour gangues ordinaires du carbonate de chaux et du sulfate de baryte. On en fond 18 quintaux à la fois dans un four à réverbère, tantôt avec addition, tantôt sans addition de spath-fluor; on procède par grillages et coups de feu alternatifs : après chaque grillage, on brasse le minérai avec de la houille menue ou du frasil de coke. On repousse les scories vers l'autel et on dessèche le bain de plomb avec de la chaux. Quand on ajoute du spath-fluor, les scories entrent en pleine fusion ; quand on n'en ajoute pas ou qu'on n'en ajoute que très peu, elles s'agglomèrent, mais ne fondent pas : alors elles sont d'un blond pâle, un peu poreuses, tellement tendres qu'elles tachent les doigts, et elles contiennent beaucoup de petites grenailles

de plomb. On les repasse au fourneau à manche. Un échantillon de ces dernières scories a été trouvé composé de :

Fluorure de calcium.	0,015 ou	fluorure de calcium.	0,015
Baryte	0,335	sulfate de baryte...	0,510
Chaux	0,045	sulfate de chaux . .	0,106
Plomb en partie oxidé..	0,340	plomb en partie oxidé..	0,340
Oxide de fer	0,030	oxide de fer..	0,030
Acide sulfurique...,	0,235		
	1,000		1,001

Fondues avec deux parties de flux noir, elles deviennent extrêmement fluides, et elles rendent 0,24 à 0,25 de plomb métallique.

Lea, près Matloc en Derbyshire.

On distingue à Lea deux sortes de minérais, savoir : de la galène pure et de la galène mêlée de carbonate de plomb et de sulfate de baryte. On a trouvé dans un échantillon de ce dernier minérai :

Galène..	0,55
Carbonate de plomb. .	0,23
Sulfate de baryte. . . .	0,19
Argile..	0,03
	1,00

Il est probable qu'on ne cherche pas à en séparer le sulfate de baryte par le lavage, de peur de perdre du carbonate de plomb.

On mélange ces deux minérais ensemble à peu près à parties égales, et on en traite 16 quint. à la fois au four à réverbère. On grille d'abord pendant deux ou trois heures : cette opération produit beaucoup de plomb, qui résulte de la réaction du carbonate de plomb sur la galène; on ajoute au minérai grillé neuf pelletées d'un fon-

dant composé de spath-fluor et de spath calcaire dans la proportion d'environ

Spath-fluor lamellaire. . .	0,75	1,00.
Spath calcaire lamellaire..	0,25	

On donne un coup de feu, et l'on fait écouler le plomb métallique et les scories fusibles ; il reste sur la sole d'autres scories molles, mais qui ne se liquéfient pas tout à fait ; on les sèche avec de la chaux, puis on les retire du fourneau et on les fond au fourneau à manche avec du minérai pauvre, etc. Quant aux scories fusibles, on les rejette comme trop pauvres pour qu'elles méritent d'être passées au fourneau à manche. Deux échantillons de scories fusibles, rapportés l'un par M. Dufrénoy et l'autre par MM. Coste et Perdonnet, ont été trouvés composés de :

Fluorure de calcium.	0,160	—	0,136
Baryte.	0,164	—	0,197
Chaux.	0,178	—	0,225
Oxide de plomb.	0,159	—	0,066
Oxide de fer.	0,045	—	0,020
Oxide de zinc.		—	0,020
Acide sulfurique.	0,278	—	0,320
Acide carbonique et perte . .	0,016	—	0,016
	1,000	—	1,000

ou Fluorure de calcium.	0,160	—	0,136
Sulfate de baryte.	0,250	—	0,300
Sulfate de chaux.	0,225	—	0,330
Sulfate de plomb.	0,220	—	0,090
Oxide de fer.	0,045	—	0,020
Oxide de zinc.		—	0,020
Chaux.	0,080	—	0,088
Acide carbonique et perte. . . .	0,020	—	0,016
	1,000	—	1,000

Ces scories sont compactes, d'un gris très clair, un peu jaunâtre, luisantes dans l'intérieur des bulles, à cassure grenue et mate : elles sont quelquefois mélangées de très petites parcelles de mattes. Lorsqu'on les traite par l'acide nitrique, il se dissout du sulfate de chaux, du fluate de chaux, du fer, du zinc et un peu de plomb, et le résidu se compose de sulfate de baryte, de sulfate de plomb et de fluate de chaux.

Pour en faire l'analyse, on les a chauffées au creuset d'argent avec deux parties de carbonate de soude et une demi-partie de nitre; le mélange s'est fondu avec une grande facilité, et il est devenu parfaitement liquide; on a délayé la matière dans l'eau et filtré ; on a précipité l'acide fluorique et l'acide sulfurique contenus dans la liqueur, le premier par un sel de chaux et le second par un sel de baryte, on n'y a jamais trouvé que très peu d'acide fluorique; la presque totalité du fluate de chaux résiste à l'action décomposée du carbonate alcalin, et se retrouve dans la partie insoluble. On a traité celle-ci par l'acide acétique, en ayant soin de chasser l'excès d'acide par une évaporation ménagée, et il est resté du fluate de chaux pur, ou légèrement coloré en rouge par un peu de fer. Quant à la dissolution acétique, qui contenait la baryte, le plomb, le fer, le zinc et de la chaux, on a suivi deux procédés pour l'analyser: 1°. on en a précipité toute la baryte et tout le plomb par l'acide sulfurique, on a dosé les deux sulfates ensemble, et on en a séparé ensuite le sulfate de plomb au moyen de la potasse caustique liquide, puis on a précipité le fer par l'ammoniaque en excès, le zinc par un hydrosulfate et la chaux par un oxalate; 2°. on a précipité le

plomb, le fer et le zinc par un hydrosulfate, la baryte par l'acide sulfurique, et la chaux par un oxalate, en ayant soin de saturer la liqueur d'ammoniaque; on a repris le précipité métallique par l'acide nitrique faible, précipité le plomb par l'acide sulfurique, etc.

Si l'on supposait que l'oxide de plomb fût libre dans ces scories, elles renfermeraient, la première, 0,315 de sulfate de chaux et 0,038 de chaux libre, et la seconde 0,370 de sulfate de chaux et 0,072 de chaux libre.

Les scories non fondues, qui restent sur la sole du four à réverbère, ne sont pas homogènes. La substance dominante est d'un gris clair et mate comme la scorie fusible; mais elle est sensiblement poreuse et mélangée de parties blanches terreuses mates, qui paraissent être de la chaux, et de beaucoup de parties lamelleuses brillantes, qui ont tous les caractères de la galène. Elles sont sensiblement magnétiques: quand on les traite par l'acide acétique, il y a une très légère effervescence, due au dégagement d'un peu d'acide carbonique, et il se dissout de la chaux et un peu de sulfate de chaux à froid; si l'on fait bouillir, il se dissout de la chaux, du zinc, et du fer qui se trouve dans la liqueur à l'état de protoxide, du moins pour la plus grande partie : le résidu est noir; en le traitant par l'acide nitrique à une douce chaleur, il se dissout beaucoup de plomb, du fer, du zinc, de la chaux, et il reste un mélange de sulfate de baryte, de sulfate de plomb, et de fluate de chaux, qui contient en outre un peu de soufre. On a fait l'analyse de ces scories, en les fondant au creuset d'argent avec

deux parties de carbonate de soude et une partie de nitre, etc.

Deux échantillons, l'un contenant beaucoup de galène et l'autre pur, ont donné les résultats suivans :

Fluorure de calcium	0,072 —	0,085
Baryte.	0,144 —	0,160
Chaux.	0,147 —	0,170
Oxide de plomb.	0,088 —	0,220
Plomb métallique.	0,152 —	0,017
Oxide de fer.	0,154 —	0,055
Oxide de zinc.	0,072 —	0,080
Oxide de cadmium.	trace. —	trace.
Acide sulfurique.	0,117 —	0,199
Soufre.	0,024 —	0,003
Acide carbonique et perte.	0,030 —	0,011
	1,000 —	1,000

Fluorure de calcium.	0,072 —	0,085
Sulfate de baryte.	0,220 —	0,244
Sulfate de chaux	0,016 —	0,056
Sulfate de plomb.	0,120 —	0,300
Oxide de fer.	0,154 —	0,056
Oxide de zinc.	0,072 —	0,080
Oxide de cadmium.	trace. —	trace.
Chaux.	0,140 —	0,147
Galène.	0,176 —	0,020
Acide carbonique et perte.	0,030 —	0,012
	1,000 —	1,000

Ces scories fondent très bien avec deux parties de flux noir, et produisent 0,20 à 0,21 de plomb ductile.

Si l'on admettait que l'acide sulfurique s'y trouve combiné avec la chaux, elles renfermeraient, la première, 0,106 de sulfate de chaux et 0,103 de chaux, et la seconde 0,186 de sulfate de chaux et 0,093 de chaux libre.

Les scories non fondues diffèrent des scories fondues, principalement en ce qu'elles renferment moins de fluorure de calcium et plus de chaux libre que celles-ci : il paraît évident, d'après cela, que c'est le fluorure de calcium qui fait l'office de fondant, tandis qu'au contraire la chaux caustique s'oppose à la fusion. L'addition du fluorure de calcium a pour effet essentiel de séparer la plus grande partie du sulfate de baryte; l'addition de la chaux en certaine dose a pour effet de décomposer le sulfate de plomb, qui, sans cette addition, entrerait en combinaison dans la scorie, et serait par là en grande partie soustrait à l'action réduisante de la galène ou du charbon; et comme pour atteindre ce but il paraît nécessaire d'employer un excès de chaux, il en résulte que les scories qui se forment dans le four à réverbère se partagent en deux parties: l'une, fusible, qui se sépare par liquation, en entraînant une certaine quantité de sulfate de plomb, et l'autre, pâteuse, mais non coulante, qu'on peut considérer comme un mélange d'oxide de plomb, de chaux, de matte et d'oxides de fer et de zinc, imbibés de scorie fusible.

Spath-fluor et sels.

Pour apprécier la capacité fondante du fluorure de calcium, après m'être assuré que les sulfates de baryte, de chaux et de plomb ne forment point entre eux de combinaisons fusibles, et que même les deux premiers sulfates ne se fondent pas avec le sous-sulfate de plomb, j'ai fait les expériences suivantes.

J'ai chauffé graduellement jusqu'à 50° pyrométriques environ :

Spath-fluor......	9g,87—1at.	19g,74—2at.
Sulfate de baryte...	29,16—1	29,16—1
	39,03	48,90

6.

Le premier mélange s'est fondu, mais sans devenir parfaitement liquide. La matière, refroidie, était boursouflée dans quelques parties, à cassure grenue cristalline; les parois des cavités étaient polyédriques, et l'on apercevait çà et là quelques petits cristaux prismatiques.

Le second mélange s'est complétement liquéfié et a produit une matière compacte, à cassure légèrement cristalline, un peu translucide; mais elle ne présentait aucun indice de cristaux.

J'ai chauffé comme ci-dessus.

Spath-fluor...	19g,74—2at.	9g,87—1at.	4g,93—1at.	2g,47—1at.
Sulf. de chaux calciné.....	17 ,14—1	17 ,14—1	17 ,14—2	17 ,14—4
	36 ,88	27 ,01	22 ,07	19 ,61

Les trois premiers mélanges se sont complétement fondus, mais le second beaucoup plus facilement que les deux autres. La matière provenant du premier mélange était compacte, à cassure inégale, et ne présentant que de faibles indices de cristallisation. La matière provenant du second mélange était d'un blanc un peu nacré, translucide, cristalline, composée de grandes lames entrecroisées en divers sens, et il y avait dans les cavités quelques cristaux dont on aurait pu mesurer les angles. La matière provenant du troisième mélange était compacte, sans bulles, blanche, légèrement translucide, à cassure grenue lamellaire, à lames très éclatantes.

Le quatrième mélange n'est pas entré en pleine fusion, mais il s'est fortement ramolli. La matière était très bulleuse, blanche, opaque, à cassure grenue, à grains très fins ; la surface intérieure des bulles était polyédrique.

On a soumis à la même chaleur que les essais

précédens trois mélanges de spath-fluor et de sulfate de plomb, savoir :

Spath-fluor. . .	9g,87—1 at.	4g,98—1 at.	4g,98—1 at.
Sulf. de plomb.	37 ,91—1	37 ,91—2	75 ,82—4
	47 ,78	42 ,89	80 ,80

Le premier mélange, composé de

Spath-fluor.	0,210
Sulfate de plomb. . .	0,790,

s'est fondu avec la plus grande facilité, et est devenu liquide comme de l'eau. La matière était compacte, à cassure pierreuse, inégale, un peu luisante, opaque, ne présentant aucun indice de cristallisation.

Le second mélange, composé de

Spath-fluor.	0,116
Sulfate de plomb. . .	0,884,

s'est fondu aussi facilement que le précédent et a acquis la même liquidité : la matière était compacte, pierreuse, d'un blanc un peu jaunâtre.

Le troisième mélange s'est fondu, mais sans prendre une liquidité complète. La matière était remplie de petites bulles, ce qui lui donnait l'apparence d'une pierre-ponce grenue et s'égrenant sous l'ongle, un peu jaunâtre et n'offrant aucun indice de cristallisation.

Lorsqu'on ajoute de la chaux ou du carbonate de chaux à un mélange de spath-fluor et de sulfate de plomb, ce sulfate est décomposé, du moins en partie, et il se forme un composé fusible de spath-fluor et de sulfate de chaux mêlé de litharge. En effet

1 at. de spath-fluor.	9g,87	— 0,181
1 at. de sulfate de plomb. .	37 ,91	— 0,690
1 at. de chaux.	7 ,12	— 0,129
	54 ,90	1,000

sont promptement devenus très fluides, et la matière était d'un gris pâle, lamelleuse, cristalline dans la plus grande partie de sa masse ; mais le fond du culot était jaune, ce qui annonce qu'il s'y était accumulé de la litharge.

On vient de voir que les sulfates de baryte, de chaux et de plomb se fondent très bien, chacun séparément, avec le spath-fluor : lorsque ces trois sulfates sont réunis, ils forment avec cette substance des composés, qui se fondent encore plus facilement. Un mélange formé de

Spath-fluor.	0,20
Sulfate de baryte. .	0,25
Sulf. de chaux calciné.	0,30
Sulfate de plomb. .	0,25
	1,00

a pris une liquidité parfaite à la chaleur blanche naissante. La matière, refroidie, était compacte à cassure inégale, presque unie, mate, blanche et opaque : elle ressemblait parfaitement aux scories fusibles de Lea ; aussi s'en rapproche-t-elle beaucoup par sa composition. Cette matière, fondue avec deux parties de flux noir, ne produit que 0,035 de métal ; mais en y ajoutant en même temps 0,10 de limaille de fer, on peut en extraire 0,14 à 0,15 de plomb, et la scorie, qui se fond aisément, est compacte, à cassure grenue et mêlée, et coloriée en brun noir par du sulfure de fer.

Le spath-fluor, formant avec les sels infusibles beaucoup de combinaisons fusibles, il était aisé de prévoir qu'il se fondrait très-facilement avec les sels fusibles par eux-mêmes ; c'est effectivement ce que l'on a vérifié par les expériences suivantes : les essais au chalumeau apprennent d'ail-

leurs qu'il produit des verres avec le borax et avec le phosphate de soude.

Spath-fluor...........	19g,74—1at.	19g,74—2at.
Sulfate de soude anhydre...	35 ,48—1	17 ,84—1
	55 ,22	37 ,58

se sont complétement fondus à la chaleur blanche. Le premier mélange est devenu entièrement fluide ; la matière a pris un très grand retrait en se refroidissant ; elle était compacte, à cassure grenue, cristalline et fortement translucide. Le second mélange n'est pas devenu aussi liquide que le premier. La matière, refroidie, ressemblait à la précédente, mais elle était plus tenace et plus dure.

3at. de spath-fluor. . .	29g,61
1 de borax fondu...	25 ,25
	54 ,86

se sont fondus sans bouillonnement ni boursouflement à la chaleur blanche, et sont devenus bien liquides, quoiqu'un peu pâteux. La matière, refroidie, était compacte, à cassure écailleuse, luisante, présentant beaucoup de petites lamelles fortement translucides ; elle ressemblait à un grès lustré.

Chlorures et sels.

La propriété fondante du spath-fluor, et l'action bien connue du chlorure de calcium sur les sulfates de baryte et de strontiane m'ont donné l'idée d'examiner la manière dont se comportent différens chlorures avec les sulfates.

1 at. de chlorure de sodium. . .	14g,67
1 at. de sulfate de baryte.	29 ,16
	43 ,83

ou 1 at. de chlorure de barium....	25g,99
1 at. de sulfate de soude.....	17 ,84
	43 ,83

deviennent promptement extrêmement liquides, et produisent une matière compacte, homogène, un peu translucide, à cassure inégale et cristalline, et présentant même dans les cavités quelques indices de cristaux réguliers.

1 at. de chlorure de sodium...	14g,67
1 at. de sulfate de plomb.....	37 ,91
	52 ,58
ou 1 at. de chlorure de plomb....	34g,74
1 at. de sulfate de soude......	18 ,17
	52, 91

se fondent complétement au rouge sombre. Le mélange bouillonne continuellement, et répand dans l'air une fumée blanche très épaisse de chlorure de plomb. La matière, refroidie, est compacte, grise, faiblement translucide et à cassure écailleuse.

Deux mélanges de chlorure de barium et de sulfate de baryte, faits comme il suit, sont devenus liquides comme de l'eau au blanc naissant.

Chlorure de barium.	25g,99	— 1 at.	25g,99	— 1at.
Sulfate de baryte...	29 ,16	— 1	58 ,32	— 2
	55 ,15		84 ,31	

La matière provenant du premier mélange était compacte, blanche, fortement translucide, à cassure lamelleuse, cristalline. La matière provenant du second mélange ressemblait parfaitement à un marbre blanc salin.

1 at. de chlorure de calcium.........	13g,97
1 at. de sulfate de chaux anhydre.......	34 ,28
	48 ,25

se sont fondus en pâte bien liquide à chaleur blanche. La matière, refroidie, était compacte, translucide, et même transparente dans quelques parties, à cassure très cristalline, et elle renfermait de petits cristaux prismatiques dans les cavités. Elle tombait promptement en déliquescence à l'air.

J'ai essayé deux mélanges de chlorure de barium et de sulfate de plomb, savoir :

Chlorure de barium..	25g,99—1 at.	12g,99—1at.
Sulfate de plomb...	37 ,91—1	37 ,91—2
	63 ,90	50 ,90
ou Chlorure de plomb..	34g,74—1at.	17g,37—1at.
Sulfate de baryte......	29 ,16—1	14 ,58—1
Sulfate de plomb.............		18 ,95—1
	63 ,90	50 ,90.

Les deux mélanges se sont fortement ramollis sans se fondre complétement, et ont produit un émail blanc, très bulleux, translucide et à cassure grenue. Il y a eu pendant tout le temps qu'a duré l'opération une volatilisation très considérable de chlorure de plomb.

Les trois essais qui suivent font voir qu'il ne faut qu'une très petite quantité de chlorure de plomb pour faire fondre le sulfate du même métal. On a chauffé graduellement

Sulf. de plomb..	37g,91—1at.	37g,91—2at.	37g,91—1at.
Chlor. de plomb.	34 ,74—1	17 ,37—1	8 ,69
	77 ,65	55 ,28	46 ,60.

Les trois mélanges se sont fondus avec la plus grande facilité et ont pris une liquidité parfaite : pendant l'opération, il s'est volatilisé beaucoup de chlorure de plomb, qui donnait à la flamme du foyer une couleur blanche livide. La matière provenant du premier mélange formait un émail blanc, un peu bulleux, à structure cristalline, et contenait des cristaux aciculaires, transparens dans les cavités. La matière provenant des deux derniers mélanges avait une structure peu cristalline et sa cassure était presque unie.

Scories de Lea.

On a vu qu'à Lea les crasses infusibles qui restent dans le four à réverbère après la dernière coulée sont riches en plomb, et qu'elles sont traitées, au fourneau à manche, avec des minérais pauvres, etc. Il résulte de ce traitement des scories coulantes, et qui sont compactes, d'un noir brun, à cassure grenue et mate. Ces scories fondent très bien avec deux parties de flux noir, mais sans donner la plus petite trace de plomb : elles sont attaquables, mais incomplétement, par l'acide acétique, avec dégagement d'hydrogène sulfuré ; l'acide dissout beaucoup de baryte et de chaux et un peu de fer et de zinc. L'acide muriatique concentré les attaque complétement et laisse un résidu gélatineux, qui se compose de silice et de fluate de chaux, substances qu'on peut séparer l'une de l'autre au moyen de la potasse caustique liquide. Pour faire l'analyse complète de ces scories, on a employé d'une part l'action de l'acide muriatique, et d'un autre côté, pour vérification, l'action du carbonate de soude et du nitre par voie sèche, comme pour les scories du four à réverbère. Le résultat a été

Fluorure de calcium... . . .	0,134
Silice.	0,130
Baryte	0,300
Chaux.	0,185
Protoxide de fer.	0,145
Oxide de zinc.	0,025
Plomb.	0,010
Alumine.	0,020
Oxide de manganèse.	trace.
Soufre.	0,070
	1,019.

Ces produits immédiats ne sont pas ceux qui existent dans la scorie, une partie de chaque terre et de chaque métal doit s'y trouver non à l'état d'oxide, mais à l'état de sulfure; en sorte que la combinaison doit être formée de sulfures, de fluorures et de silicates. N'ayant aucune donnée qui puisse guider dans le partage qu'il y aurait à faire de l'oxigène et du soufre entre les divers métaux, je me bornerai à indiquer que les 0,300 de baryte équivalent à 0,331 de sulfure de barium, qui contiennent 0,063 de soufre, et que les 0,145 de protoxide de fer équivalent à 0,183 de protosulfure, qui contiennent 0,068 de soufre : d'où il suit que le barium ou le fer est à peu près suffisant pour saturer tout le soufre qui entre dans la composition de la scorie.

On obtient un composé fort analogue à la scorie des fourneaux à manche de Lea, en chauffant ensemble :

15	de spath-fluor,
15	de sable quarzeux,
34	de sulfure de barium,
15	de chaux,
15	de battitures de fer,
6	d'oxide de zinc.
100	

Le mélange fond en pâte molle, à la chaleur de 50 à 60 degrés pyrométriques, et produit une masse homogène, compacte, d'un noir foncé non métalloïde, un peu bulleuse, à bulles luisantes, et renfermant quelques petits cristaux, à cassure unie et un peu luisante.

Les sulfures alcalins peuvent donc se combiner par la voie sèche avec les fluosilicates.

Il résulte de tout ce qui précède et de ce que j'ai déjà fait connaître dans un autre mémoire (*Annales des Mines*, tome V, page 95), que les fluorures, les chlorures et même les sulfures forment avec plusieurs sels des combinaisons très fusibles. Ces combinaisons sont en général très faibles, puisque l'eau les décompose complétement quand l'un des principes élémentaires est soluble. On trouve dans la nature des composés analogues, la topaze, la picnite, certains micas, l'apatite, le chlorophosphate et le chloro-arséniate de plomb; mais quelques uns sont infusibles.

Sulfures et sels.

Je citerai encore l'exemple suivant de combinaison d'un sulfure avec un sel :

1 at. de sulfure de barium.	21g,16	
1 at. de sulfate de soude anhydre.	17 ,84	
	39 ,00	équivalant
à 1 at. de sulfure de . . . sodium..	9g,84	
1 at. de sulfate de baryte...	29 ,16	
	37 ,00	

se fondent, à la chaleur blanche, en une pâte bien liquide. La matière, refroidie, est compacte, d'un vert olivâtre, opaque, à cassure grenue et mate; l'eau la décompose et dissout du sulfure de sodium.

Le sulfure de barium et le sulfate de baryte ne se décomposent pas réciproquement ; mais ils ne forment pas entre eux de combinaisons fusibles.

Fluorures et chlorures.

Les fluorures, les chlorures et les sulfures peuvent aussi donner naissance à des composés très fusibles, en se combinant deux à deux.

1 at. de fluorure de calcium....	9g,87	
et 1 at. de chlorure de sodium....	14 ,65	
	24 ,52	équivalant à
1 at. de fluorure de sodium....	10g,55	
1 at. de chlorure de calcium....	13 ,97	
	24 ,52	

Chauffés dans un creuset de platine, prennent une liquidité parfaite au blanc naissant. Il s'exhale de la masse en fusion une vapeur épaisse qui est sensiblement acide. La matière, refroidie, est homogène, compacte, à cassure cristalline, lamelleuse et translucide.

Les mélanges suivans de fluorure de calcium et de chlorure de barium ont été chauffés dans des creusets de platine.

Fluorure de calcium..	9g,87—1 at.	19g,74—2 at.
Chlorure de barium...	25 ,99—1	25 ,99—1
	35 ,86	45 ,73.
ou Fluorure de barium..	21g,89—1 at.	21 ,89—1 at.
Chlorure de calcium..	13 ,97—1	13 ,97—1
Fluorure de calcium......		9 ,87—1
	35 ,86	45 ,73

Les deux mélanges se sont fondus avec une égale facilité, et répandaient une lumière blanche et éblouissante : il s'exhalait de la masse fluide des vapeurs sensiblement acides. Les ma-

tières, refroidies, étaient compactes, d'un blanc d'émail, opaques, à cassure inégale ou écailleuse, presque unie, ne présentant aucun indice de cristallisation. Traitées par l'eau, elles ont donné du chlorure de barium et du fluorure de calcium; ayant été mises en digestion pendant un certain temps dans l'alcool après avoir été porphyrisées, il s'est dissous une quantité très notable de chlorure de calcium : d'où il suit que le résidu contenait du fluorure de barium.

Fluorures et sulfures.

	1 at. de fluorure de calcium......	9g,87
et	1 at. de sulfure de barium......	21 ,16
		31 ,03 équivalant
à	1 at. de fluorure de barium.....	2g,89
	1 at. de sulfure de calcium......	9 ,14
		31 ,03

se fondent en pâte très molle, mais non parfaitement liquide à la chaleur blanche, et n'attaquent pas les creusets de terre. La matière, froide, est compacte, couleur café, opaque, à cassure grenue ou lamelleuse.

Un mélange de

	1 at. de fluorure de calcium......	9g,87
et	1 at. de sulfate de baryte......	29 ,16
		39 ,03

chauffé dans un creuset brasqué, à la température de 150 degrés pyrométriques, donne un composé identique avec le précédent, et qui produit un culot bien fondu, d'un rouge de chair pâle, opaque, à cassure un peu luisante, et rempli de petites lamelles cristallines.

	1 at. de fluorure de calcium.....	9g,87
et	1 at. de sulfate de chaux........	17 ,14
		27 ,01

chauffés dans un creuset brasqué, à 150 degrés, donnent un culot bien fondu, blanc, légèrement translucide, bulleux, à cassure grenue très cristalline, ou plutôt composé de grains cristallins microscopiques très brillans : ce culot doit être composé de

1 at. de fluorure de calcium.......	9g,87
et 1 at. de sulfure de calcium..........	9,14
	19,03

Le fluorure de calcium ne paraît pas pouvoir former de combinaisons avec les sulfures des métaux proprement dits. Lorsqu'on chauffe les deux substances mélangées à une température élevée, elles se fondent toutes les deux et elles se séparent complétement l'une de l'autre.

Chlorures et sulfures.

Les deux mélanges suivans :

Chlorure de barium.	25g,99—1 at.	12g,99—1 at.
Sulfure de barium...	21,16—1	21,16—2
	47,15	34,05

ont été chauffés dans des creusets de terre, à une forte chaleur blanche. Le premier s'est fondu en pâte molle, assez liquide pour qu'on puisse la couler. La matière, refroidie, était compacte, d'un rouge de kermès, opaque, à cassure un peu écailleuse et luisante.

Le second mélange s'est fondu aussi, mais seulement en pâte visqueuse. La matière, refroidie, était compacte dans quelques parties, bulleuse dans d'autres parties, couleur de tartre brute, opaque, à cassure unie et mate.

Plusieurs des composés fusibles dont il a été question dans cet article pourraient être employés pour couler des statues, vases, bas-re-

liefs, médailles et autres objets d'ornemens, qui imiteraient ainsi parfaitement les sculptures en pierre, mais qui coûteraient beaucoup moins cher, et qui auraient sur les moulures en plâtre le grand avantage de pouvoir rester exposés à l'air, comme le marbre, sans se détériorer. L'expérience apprendrait bientôt à connaître les meilleures compositions; celles qu'il me semblerait pouvoir être essayées sont les suivantes :

80 de plâtre cuit et 20 de spath-fluor,

70 de sulfate de baryte et 30 de spath-fluor,

90 de sulfate de plomb et 10 de sulfate-fluor,

25 de plâtre cuit, 20 de sulfate de baryte, 40 de sulfate de plomb et 15 de spath-fluor.

Les scories fusibles du four à réverbère de Lea, étant refondues, serviraient très bien à cet usage.

On pourrait encore employer un mélange de 88 de sulfate de plomb et de 12 de chlorure de plomb, ou de 92 de sulfate de plomb et 8 de litharge.

Les mélanges dans lesquels il entrerait beaucoup de sulfate de plomb auraient l'avantage d'être très fusibles et d'avoir une grande stabilité, à cause de leur forte densité; mais peut-être seraient-ils un peu trop tendres. Une grande proportion de spath-fluor donnerait, au contraire, aux mélanges de la dureté; mais ces mélanges coûteraient plus cher que ceux dans lesquels dominerait le sulfate de plomb, qui est maintenant à vil prix. Il serait facile de colorer ces divers composés au moyen de l'addition de quelques substances métalliques, telles que le chromate de plomb, etc.

Sur les procédés d'amalgamation appliqués aux minérais d'argent;

Par M. KARSTEN.

(*Archives de minéralogie, géologie, exploitation des mines, et de métallurgie.* — Tome Ier., page 161-200.)

Dans un mémoire lu dernièrement à l'Académie royale de Berlin, j'ai cherché à démêler les causes de la réussite du procédé d'amalgamation employé en Amérique, et cela m'a conduit à reconnaître l'utilité de divers changemens qu'il conviendrait d'introduire dans celui qui est pratiqué en Allemagne, pour en obtenir de meilleurs résultats. Il y a long-temps que personne ne s'est occupé de perfectionner la théorie des phénomènes sur lesquels sont fondés ces deux procédés : on s'est contenté de reconnaître que la formation et la décomposition du chlorure d'argent en sont les bases principales; on a aussi remarqué que ces résultats s'obtiennent par des moyens plus longs et moins directs en Amérique qu'en Europe, puisqu'on admet que la décomposition du chlorure a lieu par l'action du mercure lui-même, dans l'amalgamation américaine, tandis qu'en Saxe c'est le fer et quelquefois le cuivre qui en sont les agens ; mais pourquoi est-on dans la nécessité de convertir en chlorure l'argent que l'on veut séparer de ses minérais, à l'aide du mercure? Pourquoi ne suffit-il pas de faire agir ce dernier métal sur l'argent amené, par un grillage, à l'état métallique ou à l'état de sulfate? Voilà ce que la théorie n'explique point ; elle ne nous apprend pas davantage comment se forme le chlorure

d'argent dans le cas où ce métal se trouve combiné avec le soufre dans ses minérais, et où il est soumis à l'amalgamation sans avoir subi un grillage préliminaire.

Dans le procédé imaginé en 1557 par Medina, le minérai est réduit en poussière fine, puis mêlé non seulement avec du sel marin, mais encore avec une autre substance appelée *magistral*, qui est un sulfate de fer ou de cuivre, et plus souvent un mélange des deux, préparé par le grillage d'une pyrite cuivreuse : on ne sait pas si Medina se servit d'abord du magistral ou s'il se borna à employer le sel marin seul ; ce qu'il y a de certain, c'est que les plus anciennes descriptions font mention du premier de ces ingrédiens, et, d'un autre côté, qu'encore à présent plusieurs milliers de quintaux de minérais sont traités par le sel marin et le mercure seulement.

Le grillage est si rarement employé en Amérique, qu'on peut dire que c'est une exception à la méthode ordinaire ; enfin, on ne mêle jamais le sel marin avec le minérai avant de le griller ; mais on en ajoute plus tard, et au minérai non grillé, comme à celui qui l'a été. Barba dit positivement qu'on doit s'abstenir de mettre le sel avant de griller le minérai, parce que l'argent lui-même serait perdu.

Les minérais ordinairement soumis à l'amalgamation sont très pauvres, contenant 2 ou 4 loths au quintal, parce que les plus riches sont traités par la fonte ; les premiers ne consistent pas seulement en argent natif ou en chlorure, mais contiennent de l'argent sulfuré, de l'argent rouge, des fahlerz, etc., minéraux dans lesquels l'argent est combiné avec du soufre et le sulfure d'argent avec des sulfures métalliques.

Le minérai réduit en poussière sous des meules est humecté et transporté sur une aire pavée en dalles. On en fait des monceaux (*montones*) de 15 à 30 quintaux ; 40 ou 50 tas forment une *torta*, qui est soumise à un même travail. On cherche d'abord à donner à ces matières une certaine consistance, qui ne soit ni trop molle ni trop ferme, pour permettre le travail subséquent ; on ajoute ensuite de 2 à 5 pour 100 de sel marin, que l'on y mêle, le mieux possible, avec une pelle. Après quelques jours, pendant lesquels on a jeté de l'eau sur les tas, on met du magistral, en proportion variable, depuis $\frac{1}{2}$ jusqu'à 3 pour 100, selon sa nature propre et la composition des minérais. Ces tas sont ensuite pétris pendant long-temps par les pieds des animaux que l'on fait marcher dessus, et l'on procède ensuite à l'addition du mercure, ce qu'on appelle *incorporation ;* la proportion est ordinairement de six parties de ce métal pour une d'argent reconnu par l'essai ; on ne met d'abord que la moitié du mercure, parce que, suivant ce que rapporte Barba, l'addition de la totalité produirait un refroidissement trop considérable : le reste est ajouté peu à peu dans la suite.

L'opération de malaxer et triturer les matières étendues dans les cours d'amalgamation est d'autant plus nécessaire et doit être répétée d'autant plus souvent que la température s'y élève davantage ; lorsqu'il ne se développe qu'une faible chaleur, l'amalgamation traîne en longueur, et c'est alors qu'on renouvelle l'addition du magistral, dont l'effet est d'accroître la température ; il y a même des usines où l'on transporte les

mélanges dans des étuves (*estufas*), où ils demeurent exposés, pendant plusieurs jours, à une certaine chaleur, dans le but d'accélérer l'amalgamation.

Les chefs qui dirigent cette opération cherchent donc à maintenir une certaine température dans les matières formant la torta, et ils sont guidés par les apparences que prend le mercure ; une surface brillante annonce une chaleur trop faible ou un arrêt dans l'opération ; alors on doit en rétablir l'activité par le moyen du magistral : si le mercure se recouvre d'une pellicule d'un gris noir, qui semble faire des plis lorsqu'il est en mouvement, et si la cohésion de ce métal paraît tellement diminuée qu'il s'allonge en coulant et laisse une traînée grise, c'est une preuve que la chaleur est trop forte ; l'amalgamation s'arrête également dans ce cas, et il convient d'ajouter de la chaux vive ou des cendres ; mais on doit éviter d'en venir là, parce qu'il en résulte une perte considérable sur l'argent et sur le mercure, et qu'en outre la continuation de l'opération est plus difficile lorsqu'on a employé de la chaux.

Si le mercure conserve l'apparence de l'argent *mat*, et se couvre seulement d'une poussière couleur de plomb sans perdre de sa cohésion ; s'il se forme en globules, dans le petit vase où l'on en fait l'essai, pour se réunir bientôt après, on est assuré que l'opération est en bon train. Il faut ajouter de nouveau du mercure lorsque l'amalgame formé est trop ferme. Dans le cas où l'opération s'arrête sans qu'on puisse l'attribuer aux causes précédentes, c'est à dire sans que les propriétés du mercure soient altérées, c'est du sel marin qu'on doit introduire, ce qui

provoquera la séparation de l'argent et sa concentration dans le mercure.

Lorsque le mercure, tout en conservant son aspect métallique, perd de son éclat et de sa cohésion, ce qu'on aperçoit aisément en lui faisant prendre un mouvement circulaire dans un vase qui ne contient point d'eau; s'il demeure adhérent aux parois et semble se tirer en fils, il faut augmenter la proportion de magistral, réchauffer le mélange, et rendre ainsi le mercure plus apte à dissoudre l'argent. Dans ce cas, l'emploi du sulfate de cuivre est à préférer, suivant Barba.

Toutes les apparences, tous les changemens extérieurs que montre le mercure sont très importans pour celui qui dirige l'amalgamation, parce qu'ils offrent l'unique moyen de juger de l'état de l'opération à quelque époque que ce soit : on peut voir, dit Barba, jusque dans les plus petites portions de schlich, si l'amalgamation continue ou si elle s'arrête, et le mercure est comme un miroir, sur la surface duquel tout cela paraît très sensiblement.

Lorsqu'aucun des indices qui annoncent une marche irrégulière de l'opération ne se manifeste plus, et qu'on peut penser que celle-ci approche de son terme, on ne l'arrête cependant qu'après avoir observé sur deux petits tas d'essai l'effet produit par l'addition séparée du sel et du magistral : s'il n'y a aucun changement de produit par cette addition, c'est une preuve que le minérai est dépouillé de l'argent qu'il contenait, ou que l'amalgamation est terminée; il ne reste plus qu'à laver les boues pour recueillir l'amalgame et distiller ce dernier.

Ordinairement cinq ou six semaines suffisent à cette opération. La perte sur le mercure est

variable; on l'évalue à un poids égal à celui de l'argent obtenu; la plus grande partie de ce qui manque résulte de diverses circonstances plutôt que d'une combinaison chimique de ce métal, de sorte que la conduite de l'opération, l'adresse plus ou moins grande des ouvriers peuvent la diminuer ou l'accroître : au reste, l'évaluation précédente est assez incertaine, car il est bien rare que l'on consomme moins de 135 parties de mercure pour en obtenir 100 d'argent, et souvent il y en a 180 et jusqu'à 200 parties de réellement perdues.

Le procédé ne réussit pas toujours également bien, parce que les effets qu'on attend de l'addition du magistral ou de l'incorporation du mercure ne sont pas produits; le premier manque souvent, et particulièrement lorsque les minérais renferment beaucoup de sulfures métalliques, lors même qu'ils ont été bien grillés. Barba, qui est très partisan du grillage, recommande même d'ajouter de la pyrite aux minérais qui n'en contiennent pas lorsqu'on les soumet à cette opération, mais avec cette condition de lessiver tous les minérais vitrioliques avant leur mélange avec le sel et le mercure; il proscrit le grillage des minérais vitrioliques, qui est nuisible, dit-il, en ce qu'il développe davantage l'acide.

M. Sonneschmidt, qui a décrit avec beaucoup de détail le procédé de l'amalgamation américaine, pense que l'on n'obtiendrait pas plus d'argent d'un minérai grillé que de celui qui ne l'aurait pas été, et il regarde en conséquence cette opération comme nuisible. Barba croit que le vitriol empêche l'amalgamation, parce qu'il agit sur le mercure, surtout lorsque le mélange avec le sel marin n'a pas eu lieu, et qu'il porte le désordre

dans l'opération ; mais souvent aussi il devient éminemment utile et présente l'unique moyen d'exciter l'amalgamation. M. Sonneschmidt se prononce en faveur du magistral (particulièrement du sulfate de cuivre pur), et croit que si l'on n'en ajoutait pas, on n'obtiendrait qu'une faible partie de l'argent contenu dans les minérais.

Acosta, qui a décrit ce qu'il a vu pratiquer au Pérou vers la fin du seizième siècle, approuve l'emploi des étuves, en ce que l'opération en est accélérée et l'argent mieux séparé. M. Sonneschmidt, au contraire, regarde leur avantage comme problématique, et dit que leur emploi augmente la perte sur le mercure.

Acosta ne fait point mention du magistral ; mais il rapporte qu'à 50 quintaux de minérai non grillé on en ajoute 5 de sel, qui facilitent l'action du mercure.

Si l'on veut attribuer à la nature diverse des minérais les contradictions qui se présentent relativement à l'utilité du grillage et à l'emploi du magistral, on ne peut expliquer la manière dont ce dernier exerce son action, soit qu'il ait été produit par le grillage du minérai, soit qu'on l'ait ajouté tout formé ; car, lorsque le sulfure d'argent a été converti en sulfate, celui-ci doit être décomposé dans les tas (*montones*), où il se trouve en contact avec le sel marin, et sa conversion en chlorure semble devoir être indépendante de l'intervention du magistral. D'un autre côté, la nécessité de l'emploi du sel marin, si bien démontrée par l'expérience, ne paraît point fondée en théorie, puisqu'on ne voit point le motif pour lequel le sulfate d'argent, qui est réellement for-

mé, doit être converti d'abord en chlorure pour être décomposé, car ce sulfate est bien certainement plus aisément décomposable par le mercure que ne l'est le chlorure, et, en outre, la perte sur ce métal est toujours plus considérable lorsque le mercure décompose immédiatement le sulfate d'argent.

On ne pourra bien comprendre ce qui se passe dans le procédé américain de l'amalgamation que quand on connaîtra l'action chimique qu'exercent les unes sur les autres les différentes substances qui se trouvent en contact. Rien n'est plus certain que la décomposition qui s'opère entre le sel marin et les sulfates d'oxides métalliques formés dans les minérais eux-mêmes, ou bien ajoutés sous forme de magistral ; le résultat est du sulfate de soude et des chlorures et chlorides de fer ou de cuivre.

Il convient de rechercher d'abord si ces dernières combinaisons agissent sur le sulfure d'argent, parce que c'est la décomposition de ce sulfure qui, dans ce procédé, se trouve enveloppée de la plus grande obscurité. J'ai fait usage, dans les expériences qui suivent, tantôt du sulfure d'argent préparé artificiellement, tantôt du sulfure naturel que l'on trouve dans la Silésie ; la température à laquelle j'ai opéré n'a jamais été au dessus de 19° R.

Le chlorure de fer préparé, partie immédiatement avec le fer métallique et l'acide hydrochlorique ; partie par la décomposition mutuelle des dissolutions aqueuses de sel marin et de sulfate de protoxide de fer, n'agit point sur le sulfure

---

(1) Dénomination adoptée récemment par M. Berzelius.

d'argent artificiel, même à la température de l'ébullition : l'addition du mercure ne produit pas d autre résultat; seulement ce métal se couvre d'une pellicule grise, dont il sera question plus tard.

Le chloride de fer humide (préparé par la dissolution du peroxide de fer dans l'acide hydrochlorique) et le sulfure d'argent artificiel ont été mis en contact pendant plusieurs semaines, ayant soin de remuer chaque jour le mélange, sans que le sulfure d'argent ait éprouvé le moindre changement ; lorsqu'on ajoute du mercure, le chloride se change rapidement en chlorure, et le mercure aussi en chlorure; il se précipite un sel de fer basique, sans que le sulfure d'argent eût été décomposé.

Le chloride de cuivre donne un résultat absolument semblable.

Une dissolution de sublimé corrosif n'exerce aucune action sur le sulfure d'argent artificiel; mais si on ajoute du mercure, il se forme du calomel et la liqueur n'est que de l'eau pure.

Le sulfure d'argent et le chlorure de mercure (calomel), de même que l'oxide et le sulfure de mercure, mis à digérer dans de l'eau bouillante, n'exercent aucune action l'un sur l'autre.

Le sulfure d'argent artificiel est décomposé par le mercure lorsqu'on les triture ensemble; il se forme une amalgame d'argent et un sulfure de mercure : le même effet est produit avec le sulfure naturel.

Le sulfure d'argent et le sel marin n'exercent aucune action mutuelle, hors de la présence du mercure; avec addition de ce métal, le résultat est le même que s'il n'y avait pas de

sel marin. La décomposition du sulfure par le mercure paraît visiblement excitée lorsque la trituration du mélange n'a pas lieu dans l'état de sécheresse de ces substances; mais lorsqu'on a ajouté quelques gouttes d'une dissolution étendue de chloride de fer ou de cuivre, il ne se dégage point d'acide hydrosulfurique; il semble qu'outre le sulfure de mercure il se forme un peu de calomel : au reste, la décomposition est accélérée par une certaine élévation de température pendant leur trituration.

Dix parties de pyrite (*kammkies*) réduites en poussière très fine, et une partie de sulfure d'argent artificiel furent intimement mêlées ensemble et avec de l'eau, de manière à former une pâte, que l'on humecta de temps en temps; après vingt-trois jours, l'action mutuelle, favorisée par une température de 14 à 19° R., parut avoir atteint son terme; il y avait eu efflorescence. On décomposa par une dissolution étendue de sel marin; on lava avec beaucoup d'eau, et le résidu contenant une partie du mélange indécomposé fut traité par l'ammoniaque. La liqueur ammoniacale, filtrée, fut saturée par de l'acide nitrique, qui fit précipiter une quantité peu considérable de chlorure d'argent contenant à peine six centièmes de l'argent contenu dans le sulfure primitif.

Un mélange tout à fait semblable au précédent, auquel on ajouta 10 parties de sel marin, fut exposé de même, pendant vingt-trois jours, à l'air atmosphérique; l'efflorescence fut moins rapide: on versa beaucoup d'eau, et on lava le résidu jusqu'à ce que ce liquide ne pût plus rien dissoudre; on fit digérer sur ce résidu de l'am-

moniaque caustique; la liqueur, filtrée, fut sursaturée par de l'acide nitrique, et l'on obtint presque six fois autant de chlorure d'argent que dans la première expérience, où l'on n'avait pas employé de sel.

10 parties de sulfate de fer, qui contenait du peroxide, pulvérisé en parties très fines, furent mêlées intimement avec du sulfure d'argent artificiel; on humecta de temps en temps le mélange, exposé à l'air pendant vingt-trois jours : à cette époque, on mit la matière dans un vase d'une grande capacité, et on y versa une dissolution de sel marin fort étendue. Après avoir décanté, on lava le résidu à grande eau : la partie insoluble, qui formait une masse jaune, fut traitée par l'ammoniaque caustique; la liqueur, filtrée et saturée d'acide nitrique, laissa précipiter un peu de chlorure d'argent, environ la moitié de ce qu'on avait obtenu dans celle des expériences précédentes où l'on n'avait point employé de sel.

10 parties de sulfate de cuivre en poudre fine, 10 de sel marin et 1 de sulfure d'argent artificiel mêlées ensemble et formant une pâte, exposées à l'air et arrosées de temps en temps pendant vingt-trois jours, donnèrent au moins trois fois plus de chlorure d'argent que l'on n'en avait obtenu avec la pyrite, et sans addition de sel.

Le sulfure d'argent, l'acide hydrochlorique étendu et le mercure n'agissent point l'un sur l'autre; mais si l'on ajoute du sulfate de cuivre il se forme instantanément du chlorure de mercure, le chloride de cuivre qui se produit d'abord se change en chlorure, qui prend de l'oxigène à l'air, de manière que la réaction continue jusqu'à ce que tout le mercure ait été converti en chlorure, ou

bien que tout l'acide hydrochlorique ait été décomposé par le métal.

Les résultats de ces expériences portent à conclure que les chlorures de fer et de cuivre qui se forment pour l'addition du magistral dans le mélange préparé par l'amalgamation en Amérique, bien qu'éprouvant une température de 19° R., n'exercent aucune action immédiate sur le sulfure d'argent ; cependant il est certain qu'ils contribuent à la décomposition de celui qui se trouve dans les minérais.

Si l'on voulait admettre que cette action s'exerce indirectement, par exemple, en excitant l'efflorescence, on ne concevrait pas encore bien comment le sulfate de cuivre et le sel marin, qui n'éprouvent aucune altération à l'air, qui ne s'échauffent point ensemble, et ne peuvent prendre de part active et immédiate dans la décomposition spontanée, agissent cependant plus fortement sur le sulfure d'argent que le sulfate de fer, qui se décompose très promptement à l'air et qui semblerait, d'après cela, devoir exciter davantage l'efflorescence des sulfures métalliques mêlés avec lui.

Tout en rejetant l'action immédiate des chlorides de cuivre et de fer sur les sulfures métalliques dans l'amalgamation américaine, il faut pourtant avouer que la décomposition spontanée de ces sulfures par efflorescence contribue à la séparation de l'argent de ces minérais. Dans cette hypothèse, on ne retirerait du sulfure d'argent qu'une portion de ce métal correspondante à la portion du sulfure qui aurait été décomposée d'une manière inconnue par l'action immédiate des chlorures, ou bien par efflorescence spontanée. Comme il est à présumer que ce der-

nier effet serait accru par un grillage, on ne peut douter que cette préparation ne contribuât à faire retirer plus d'argent des minérais sulfureux, tout en abrégeant beaucoup l'opération. Les résidus d'amalgamation lavés, dits *polvillo*, qui n'ont point été attaqués et qui, contenant plus ou moins d'argent, sont traités par la fonte avec d'autres minérais, montrent bien que la plus grande partie du sulfure d'argent qui se trouvait primitivement n'a pas éprouvé de décomposition.

Ce n'est qu'en faisant une analyse exacte des résidus d'amalgamation que l'on pourrait reconnaître si par la trituration dans les cours (sur les aires), le mercure ne décompose pas directement une portion du sulfure d'argent, en formant du sulfure de mercure et de l'amalgame d'argent; ce qui n'est pas invraisemblable.

Si, par suite de la décomposition spontanée des sulfures métalliques, il s'est formé un peu de sulfate d'argent, ce sulfure n'a pu manquer d'être converti en chlorure par le sel marin que l'on mêle dans les *montones*, en sorte que l'amalgamation proprement dite a pour objet, en Amérique, la décomposition du chlorure d'argent; mais il restait à examiner si le sel marin, outre la fonction de changer les sulfates métalliques en chlorures et en chlorides, n'a pas encore d'autres usages, et si le magistral ajouté ne sert pas à exciter la décomposition du chlorure d'argent par le mercure ou n'exerce pas encore quelque autre action utile. D'ailleurs, les recherches qui suivent out été dirigées dans le but de reconnaître les circonstances des deux procédés d'amalgamation, dans l'un desquels (celui d'Amérique) c'est le mer-

cuivre qu'il n'est nécessaire pour décomposer le chlorure d'argent, ce métal, séparé d'abord, repasse à l'état de chlorure, et il se précipite de l'oxi-chloride de cuivre.

Deux métaux qui produisent séparément la décomposition du chlorure d'argent dans un temps assez long, l'opèrent beaucoup plus rapidement lorsqu'on les réunit : c'est ainsi que le mercure et le cuivre agissant ensemble réduisent le chlorure dans un temps seulement triple de celui employé par le zinc ou le fer, à l'aide de l'eau.

Le métal le plus électro-négatif s'unit avec le chlore du chlorure d'argent, et le plus positif demeure sans altération, même dans le cas où celui-ci, et non le métal négatif, serait en contact immédiat avec le chlorure, ainsi qu'on le sait depuis long-temps.

Le chloride de mercure (sublimé corrosif) est décomposé par le zinc et par le fer, et même, au bout d'un certain temps, par le cuivre mis en contact immédiat, l'action de ces métaux étant aidée seulement par l'humidité de l'air atmosphérique. Lorsque ce chloride est en dissolution dans l'eau, le zinc est le seul métal qui le décompose partiellement et lentement, pendant qu'une portion se change en chlorure. Cet effet est encore plus promptement produit par le cuivre, parce qu'avec le chlorure il se précipite en même temps un oxi-chloride de cuivre formé par le chlorure de cuivre, qui a attiré l'oxigène atmosphérique.

Le chlorure de mercure n'est décomposé par aucun métal à la température ordinaire.

Ce chlorure et le chlorure d'argent; le deutochlorure et ce chlorure; l'oxidule de mercure ou son oxide, et le même chlorure en présence de l'eau n'exercent aucune action mutuelle, comme on devait s'y attendre. Il en est de même des chlorides de cuivre et de mercure, des chlorure et chloride de fer et du chlorure d'argent.

J'ai fait les expériences suivantes pour reconnaître l'action des chlorures métalliques sur les métaux purs.

Chloride de cuivre et mercure. Le mercure se recouvre promptement d'une pellicule plissée d'un gris noir, et il perd sa cohésion. Le mouvement accélère cet effet; il se forme du chlorure de mercure et du chlorure de cuivre, celui-ci se précipite ensuite à l'état d'oxi-chlorure; la réaction continue sans interruption jusqu'à ce que la liqueur ait perdu la totalité du cuivre qu'elle contenait. Le chloride de fer se comporte comme le chloride de cuivre, le précipité est un chlorure de fer.

Chloride de mercure et mercure. L'action est instantanée, et se continue jusqu'à ce que tout le chloride et une partie du mercure soient convertis en calomel; la liqueur est bientôt réduite à n'être que de l'eau pure.

Le chlorure de fer avec le chlorure de mercure et le mercure sans eau n'exercent aucune action mutuelle.

Chloride de fer et plomb. Le plomb se recouvre promptement d'une croûte de chloride de plomb, qui se dissout ensuite; la décompo-

sition s'effectue mieux dans une dissolution étendue que dans une liqueur concentrée.

Le chloride de cuivre et le chloride de mercure se comportent comme le chloride de fer avec le plomb, seulement il se précipite du cuivre métallique dans le premier cas; il se forme aussi des chlorures résultant de la décomposition des chlorides et de l'action du métal. Si l'on ajoute de l'acide hydrochlorique, il n'y a d'autre différence, si ce n'est que les chlorures de fer ou de cuivre ne forment point d'oxi-chlorure en attirant l'oxigène atmosphérique, mais restent dissous à l'état de chlorides, et que l'action de l'acide sur le métal continue jusqu'à ce qu'il ait été complétemeut absorbé.

Chloride de cuivre, fer et mercure avec de l'argent. Il se forme promptement à la superficie de l'argent une croûte de chlorure, qui préserve le reste de l'action du chloride ; il faudrait une longue trituration de ce métal dans une dissolution de chloride pour le changer tout entier en chlorure, et encore cela ne pourrait-il se faire que dans le cas où l'argent aurait été mécaniquement très divisé, comme est celui qui a été réduit du chlorure et qui n'a pas été fondu. L'enveloppe de chlorure adhère tellement à l'argent qu'elle recouvre, qu'on a de la peine à la faire disparaître en faisant digérer dessus de l'acide nitrique; l'ammoniaque caustique la dissout et laisse voir l'argent sans altération.

Les chlorides de fer, de cuivre et de mercure sont changés en chlorures par l'étain, plus lentement par le bismuth et plus lentement encore par l'antimoine et l'arsenic, et ces chlorures repassent à l'état d'oxi-chlorures,

à l'exception de celui de mercure. Pour que l'action du bismuth, de l'antimoine et de l'arsenic ne soit pas très lente, il faut que la dissolution de chloride soit très concentrée. L'étain ne change en chlorure que les chlorides de fer et de mercure, car le cuivre est précipité à l'état métallique par l'étain. Le chlorure d'étain qui se forme est promptement décomposé par le contact de l'air, et il se précipite de l'oxide d'étain.

Les chlorides de cuivre, de fer et de mercure n'éprouvent aucune action de la part de l'or et du platine.

Le chloride de cuivre et le cuivre métallique se changent en chlorure, à l'abri du contact de l'air, et le cuivre métallique est complétement dissous; mais avec l'accès de l'air il se précipite une grande quantité d'oxi-chloride.

Chloride de cuivre et fer. Le cuivre est précipité, comme on sait, et il se forme du chlorure de fer.

Chloride de mercure et cuivre. Il se forme du calomel et du chlorure de cuivre.

Chloride de fer et cuivre. Le cuivre est bientôt dissous pour donner naissance à des chlorures de fer et de cuivre : s'il y a accès de l'air, il se précipite des oxi-chlorides.

Chloride de fer et fer. Ce métal se dissout en laisant dégager de l'hydrogène, tandis qu'il se forme du chlorure de fer.

Le chloride de zinc, employé très concentré, n'agit point sur le métal.

Les chlorides de cuivre, de fer et de mer-

cure n'éprouvent aucune altération, à la température ordinaire, du contact des oxides de cuivre, de l'oxidule et de l'oxide de fer, et de l'oxide de plomb.

Il suit de ce qui précède que tous les chlorures qui sont susceptibles d'être réduits à contenir une proportion moindre de chlore sont décomposés par le métal pur, à l'exception toutefois de ceux d'or et de platine; le métal ainsi mis en contact avec le chloride dissous dans l'eau est converti en chlorure et en partie en oxi-chlorure : au contraire, les chlorudes, qui ne peuvent pas perdre de chlore sans cesser d'exister, n'éprouvent aucune altération de la part des métaux de même nature que ceux qu'ils contiennent.

Le métal électro-positif n'est défendu complétement de l'action du chlorure dissous dans l'eau et en contact avec lui par un métal électro-négatif, que dans le cas où la faculté conductrice de chacun d'eux est très différente : c'est ce qui arrive au fer et au zinc, qui préservent le mercure de l'action du chlorure de cuivre, même lorsque leur contact avec le mercure n'est pas immédiat; c'est aussi un moyen de former très promptement un amalgame de cuivre, bien qu'il soit difficile de l'obtenir directement; mais, dans ce cas, le cuivre précipité est presque instantanément absorbé par le mercure.

Le cuivre, lors même qu'il se trouve en contact immédiat avec le mercure, ne peut le préserver entièrement de l'action des chlorides; le zinc et le fer ne préservent pas davantage le plomb de l'action du chloride de cuivre, etc.

Le résultat est différent lorsque les deux mé-

taux sont combinés ensemble : alors le métal négatif éprouve seul l'effet du chloride. Si l'on verse un amalgame de cuivre ou de plomb dans une solution de chloride de fer, de cuivre ou de mercure, ce dernier métal n'est point attaqué ; mais il se forme des chlorures de cuivre et de plomb, et les chlorides éprouvent leur changement accoutumé, c'est à dire qu'ils sont convertis en chlorures. Les chlorides de fer et de cuivre offrent donc un fort bon moyen de purifier le mercure et d'en séparer, sans employer la distillation, le cuivre, le plomb, l'étain, l'arsenic, le bismuth, etc., comme aussi de s'assurer de sa pureté. Si l'on emploie de l'amalgame d'argent, ce dernier métal reste pur et le mercure se change en chlorure. Le mercure qui contient du cuivre ou du plomb, au point d'être mat, peu fluide et presque sans cohésion, est complétement débarrassé de ces métaux par les chlorides. C'est vraisemblablement là l'état où se trouve le mercure dont parle Barba, et dans lequel il est incapable de s'emparer de l'argent ; il a besoin d'être purifié par le vitriol de cuivre, qui, comme il l'indique implicitement, possède la propriété de débarrasser le mercure des métaux oxidables qui lui ont fait perdre sa mobilité ; ce vitriol se change en cuivre dans l'opération.

Il restait encore à examiner si l'action des chlorides sur les métaux n'était point modifiée d'une manière inconnue par la présence du chlorure d'argent; mais on a reconnu, comme on devait s'y attendre, que cette substance demeurait indifférente à ces phénomènes, puisqu'elle n'éprouve que

l'effet ordinaire de ces métaux qui, se trouvant en proportion surabondante, demeurent sans altération de la part des chlorides. Le mercure se recouvre d'une pellicule de chlorure, et devient, en raison de cela, impropre à opérer la décomposition du chlorure d'argent, comme s'il était placé sous une couche d'eau pure.

L'argent antimonial et l'argent arsenical (*antimonsilber, arsenicsilber*) ne se comportent pas comme un amalgame avec le chloride de cuivre; mais l'argent et l'antimoine prennent part au changement, et se convertissent, l'un en chlorure d'argent et l'autre en chlorure d'antimoine : cette réaction s'opère lentement à la température ordinaire, surtout lorsqu'on a employé du sulfate de cuivre pur; mais si l'on se sert de magistral, c'est à dire de chloride de cuivre, préparé avec le sulfate et un excès de sel marin, la décomposition est plus rapide; et cela a encore lieu si, à du chloride préparé avec de l'acide hydrochlorique et de l'oxide de cuivre, on ajoute beaucoup de sel marin.

Si l'on fait agir ensemble de l'argent antimonial, du chloride de cuivre et du mercure, le mercure n'est point préservé de l'action du chloride, et il est converti en chlorure.

Dans toutes les expériences qui suivent, on ne s'est servi que du chloride de cuivre, parce qu'il n'est pas douteux que le chloride de fer ne se comporte d'une manière tout à fait semblable.

A la chaleur de l'eau bouillante et par des dissolutions de chlorides très concentrées, tous les sulfures métalliques sont décomposés, quoique la

réaction soit d'ailleurs fort lente; l'argent sulfuré, le sulfure d'antimoine, le *grauspiesglanzerz*, l'arsenic sulfuré rouge et jaune, la galène, le sulfure de cuivre artificiel, la pyrite de fer et la pyrite de cuivre, changent le chloride de cuivre en un chlorure, dont la quantité correspond à celle du métal qui formait le sulfure; le soufre paraît être séparé en nature. Il est possible que, dans certains cas, le soufre forme quelque combinaison particulière avec les chlorures, cela demanderait des recherches particulières. Il ne se dégage pendant la réaction ni hydrogène sulfuré, ni acide sulfureux; je n'ai pu reconnaître un degré inférieur d'oxigénation dans le soufre, quoique en raison de la très faible action exercée par le chloride de cuivre sur les sulfures métalliques, il soit très difficile de juger avec certitude des progrès de l'opération. La manière dont se comporte le cinabre avec le chloride de cuivre est tout à fait remarquable : mis en petite quantité dans une dissolution concentrée de ce chloride, il se dissout complétement à la chaleur de l'eau bouillante; mais lorsqu'il se trouve en forte proportion, il se change en une substance d'un blanc de neige. Il n'y a ni chlorure de cuivre formé, ni soufre uni à l'oxigène ou à l'hydrogène.

Les combinaisons de sulfures sont un peu plus facilement attaquées par le chloride de cuivre que les sulfures métalliques simples. Le *rohtgultigerz* (de couleur foncée ou claire), le *fahlerz* et le *sprödglasserz* réagissent déjà à une température de 40 degrés Réaumur sur ce chloride; à la température moyenne de 15 à 18 degrés, la

réaction n'est pas sensible après plusieurs jours. Le chloride est toujours changé en chlorure, et tous les métaux qui se trouvent dans le sulfure composé s'approprient une partie du chlore que peut fournir le chloride, en se convertissant en chlorure; mais cette réaction est toujours fort lente, même en l'aidant par une température de 100 degrés. Les dissolutions de chloride de cuivre, qui ne sont pas très concentrées, n'agissent point sur les sulfures métalliques.

Enfin, il fallait encore étudier l'action du sel marin sur les métaux, les oxides métalliques et les chlorures, en présence du mercure; car on sait que ce sel est un des agens les plus importans dans le procédé d'amalgamation.

Les métaux libres de toute combinaison n'exercent aucune action sur le sel marin dissous dans l'eau, lorsque l'on opère à l'abri du contact de l'air; mais, dans le cas contraire, il y a une action des métaux oxidables sur le sel, qui est lente, mais qui peut devenir assez vive lorsqu'il s'agit du fer ou du cuivre. Il se forme un chlorure qui se dissout dans la liqueur et se précipite ensuite peu à peu en un sel basique. Il est très surprenant que ce chlorure puisse demeurer en dissolution dans la liqueur en présence de la soude; il faudrait chercher à reconnaître s'il ne se forme pas un sel triple, car la liqueur ne paraît point alcaline en l'essayant avec le papier jaune; mais elle donne, par les prussiates rouges, des précipités d'un bleu obscur et d'un rouge brun, qui indiquent la présence des chlorures de fer et de cuivre, tandis que le prussiate jaune ne produit aucune coloration.

L'oxide de cuivre n'agit pas sur le sel marin, mais bien l'oxidule, l'oxide de plomb et l'oxide d'argent, qui en séparent la soude; il se forme des oxi-chlorures de ces métaux. Cette décomposition a lieu même à la chaleur de digestion, mais lentement. Le sel marin et le chlorure d'argent n'agissent point l'un sur l'autre, pas plus que tout autre chlorure ou chloride : mais une dissolution concentrée de ce sel peut prendre une quantité notable de chlorure d'argent; la combinaison de ces deux chlorures cristallise en cubes, qui ne se dissolvent pas dans l'eau et ne sont pas décomposés par son action. Le composé liquide de sel marin et de chlorure d'argent est détruit par une surabondance d'eau, qui précipite la totalité de ce dernier.

La réduction du chlorure d'argent par les métaux est accélérée, par la présence du sel marin, d'une manière très marquée et fort digne d'attention. Si l'on fait usage d'une dissolution assez concentrée de sel pour qu'elle puisse dissoudre du chlorure, la réduction de celui-ci par le mercure s'effectue dans un temps bien moindre que si l'on eût employé le zinc ou le fer seulement. Le mercure se recouvre d'une poussière grise de chlorure, prend le mat de l'argent non poli, et se comporte absolument comme celui qu'on observe dans le cours de l'amalgamation américaine, lorsque l'opération réussit bien. Cette même décomposition (réduction) par le moyen du sel marin a lieu avec plusieurs autres métaux, de même qu'avec le mercure. Relativement à cet effet, le sel marin paraît plus efficace que l'acide hydrochlorique concentré: comme celui-ci, il sert de conducteur et accé-

lère l'opération ; mais il n'éprouve aucun changement en raison de cet effet ; il aide, en outre, à la séparation de l'argent, en dissolvant le chlorure, parce qu'il augmente les surfaces présentées aux agens de décomposition : il suit de là que la réduction du chlorure s'opère d'autant plus vite que la dissolution du sel est plus concentrée.

Le sel marin, le chlorure de fer et le chlorure d'argent n'exercent aucune action les uns sur les autres; il en est de même du sel marin, des chlorures de fer, de cuivre et de mercure, avec le chlorure d'argent, ainsi qu'on devait s'y attendre.

Mais s'il y a en outre un métal, le résultat est celui que comportent le métal et le chlorure métallique employés. Le sel marin et le chlorure d'argent agissent toujours de même, seulement une partie de ce dernier se dissout dans la dissolution concentrée du sel. L'action des métaux sur le chlorure d'argent, en les supposant en excès, n'est pas augmentée par l'addition des chlorides, et pour le mercure en particulier quoique la présence du sel marin accélère la réduction qu'il produit, son effet est cependant considérablement diminué, parce que sa surface se recouvre d'une couche de calomel qui empêche le contact immédiat du métal avec le chlorure d'argent.

Si l'on ajoute un peu de chaux ou d'alcali, le chloride restant est décomposé, et la surface du mercure est débarrassée du chlorure qui la recouvrait, de manière que la réaction de ce métal sur le chlorure d'argent peut avoir lieu de nouveau.

Le sel marin, le chlorure de fer, le chlorure d'argent et le mercure, ou même le chloride de zinc au lieu du chlorure de fer, n'exercent aucune autre action que celle qui serait produite entre le sel, le mercure et le chlorure d'argent.

Les chlorures, et ceux des chlorides qui ne peuvent pas perdre de chlore sans être détruits, restent tout à fait indifférens relativement à l'action d'un métal libre, particulièrement du mercure sur le chlorure d'argent en contact avec le sel marin. Les chlorides qui peuvent être convertis en chlorures simples changent le métal lui-même en chlorure, et loin de contribuer à la décomposition du chlorure d'argent, ils s'y opposent, comme on l'a vu à l'égard du mercure. S'il y a de l'acide muriatique libre en présence, l'action des chlorides sur le métal libre se continue sans interruption, jusqu'à ce que la totalité de cet acide, aux dépens duquel les chlorures passent d'abord à l'état de sels basiques, et ensuite à l'état de chlorides métalliques neutres, soit absorbée.

Maintenant, la théorie du procédé d'amalgamation américain me semble facile à saisir; l'addition du magistral ne peut en aucune manière avoir pour but de séparer le chlore du sel marin, sous la forme d'acide muriatique, puisqu'un semblable effet ne saurait avoir lieu, mais bien de former des chlorides de cuivre et de fer. Si l'on se servait, ainsi qu'on l'a proposé dans ces derniers temps, d'acide sulfurique libre, au lieu de magistral, le sel marin serait décomposé en pure perte, à moins que le minérai

ne contînt accidentellement de l'oxide d'argent, et s'il ne se rencontrait pas (ainsi que cela a lieu le plus ordinairement) parmi les composans de la gangue, de l'oxide et de l'hydrate d'oxide de fer, qui formeraient une sorte de magistral : dans ce cas, l'acide sulfurique servant seulement à dégager l'acide muriatique du sel, il vaudrait mieux employer directement ce dernier acide. Mais dans l'état où se trouvent communément les minérais, et sous le rapport de la formation des chlorures, ce procédé pourrait mériter la préférence sur celui du mélange de sel et de magistral, s'il n'arrivait pas, comme on est fondé à le présumer, qu'une partie de l'acide se dégageât en vapeurs sans produire d'effet, ou prît trop d'eau, ce qui annulerait son action ; à cela près, l'acide muriatique libre serait très propre à dissoudre l'oxide de fer qui enveloppe souvent l'argent natif ou son chlorure, et celui-ci deviendrait, à l'aide d'une dissolution de sel marin indécomposé, beaucoup plus facilement attaquable par le mercure. D'un autre côté, l'argent natif et son chlorure contenus dans les minérais n'éprouvent que très difficilement l'action du mercure, s'ils ne présentent pas une surface bien nette, et sous ce rapport, l'effet du magistral ou la formation des chlorides qu'il engendre pourrait être un peu moins favorable que l'action de l'acide muriatique libre; celui-ci produit toujours plus d'effet, parce qu'il agit plus promptement que le mercure : il pénètre le minérai, transforme la surface des molécules d'argent natif en chlorure, et prépare ainsi l'amalgamation du métal, qui est d'ailleurs puissamment excitée par une dis-

solution de sel marin. Un magistral qui ne peut produire des chlorides, tel que le sulfate d'oxidule de fer, serait totalement dépourvu d'action, et ne servirait qu'à augmenter les dépenses et la masse des matières; il ne faut donc employer comme magistral que des sulfates qui se transforment en chlorides par leur contact avec le sel marin; c'est pour cela que le sulfate de cuivre est toujours plus efficace que le sulfate de fer, qui n'est jamais sans contenir beaucoup d'oxidule combiné. Mais, d'un autre côté, le magistral composé de peroxides agit d'une manière opposée et très désavantageuse sur le mercure, si l'on en met trop lors de l'incorporation, et une partie des chlorides métalliques reste indécomposée. Par la même raison, une addition d'acide sulfurique, ou muriatique, faite mal à propos, serait nécessairement très nuisible. Il suit de là que toutes les fois que l'incorporation du mercure et l'addition du magistral ont lieu en même temps, ce qui est très vicieux, la consommation de ce métal est considérablement augmentée.

L'utilité du magistral, telle qu'elle a été expliquée précédemment, ou bien celle de l'acide sulfurique, qui produit le même effet (agens que l'on peut remplacer avec un très grand avantage par le chloride de peroxide de fer préparé artificiellement), se rapporte seulement à ceux des minérais qui contiennent de l'argent à l'état métallique, ou du chlorure naturel de ce même métal; cependant ces minérais peuvent être soumis à l'amalgamation, avec la seule addition du sel marin, quoique le résultat soit toujours

incomplet; mais les sulfures argentifères exigent nécessairement l'addition du magistral; celui-ci sert peut-être moins à accélérer la décomposition spontanée de ces sulfures qu'à former des chlorides, dont l'action immédiate commence à s'exercer à la température où se trouvent les *montons*, principalement sur les *rothgultigerz*, le *fahlerz* (cuivre gris) et le *sprödglaserz*.

Quant au sulfure d'argent naturel (*glasserz*), on n'en peut retirer, par le procédé américain, qu'une très faible partie de l'argent qu'il contient, lorsqu'on ne le grille pas. La décomposition des sulfures métalliques combinés est toujours très longue, fort incomplète, et elle entraîne une grande perte de mercure, lorsqu'après l'incorporation des *montons*, on ajoute encore du magistral pour pousser plus avant cette même décomposition.

L'action du sel marin est d'une toute autre nature, et ce moyen très avantageux d'exciter les diverses opérations de l'amalgamation, en facilitant les décompositions, devrait être l'objet principal de l'attention des ouvriers. Quoique la dissolution de sel marin soit peut-être moins propre (active) que les chlorures métalliques pour pénétrer les gangues terreuses, et mettre à découvert le chlorure naturel ou artificiel d'argent qu'elles enveloppent, et pour donner au mercure la facilité d'attaquer ensuite ce chlorure avec plus de force; elle peut cependant, en dissolvant peu à peu celui-ci, le présenter à l'action du mercure. Le sulfate d'argent lui-même formé par la décomposition des sulfures, et qui demeure plus ou moins engagé dans ceux-ci ou dans les gangues, ne serait que

difficilement atteint par le mercure; la dissolution de sel y arrive bien plus aisément, le change en chlorure, en dissout une partie, que le mercure réduit ensuite. Dans le cas où il se serait formé de l'oxide d'argent, l'emploi du sel marin serait encore fort avantageux, puisqu'il décompose celui-ci; l'acide muriatique libre, qui semblerait beaucoup plus convenable sous ce rapport, serait tout à fait inapplicable dans cette circonstance (d'ailleurs peu ordinaire), parce qu'il se combinerait avec les oxides de fer, de préférence à l'oxide d'argent.

Si l'on supposait que tout l'argent qui se trouve dans les minérais a été converti en chlorure avant de se combiner avec le mercure, il s'en suivrait que 187 parties de ce métal seraient rigoureusement consommées pour en obtenir 100 d'argent, et que ces 187 de mercure seraient converties en chlorure. Cette perte serait encore augmentée par l'action du magistral sur ce métal, qui produit immédiatement le même composé en quantité notable, et enfin par la portion qui demeure engagée et retenue mécaniquement dans les bourbes après qu'elles ont été lavées. D'après cela, il faudrait que les opérations fussent exécutées avec une grande perfection pour que l'extraction de 100 parties d'argent n'exigeât pas une consommation de plus de 200 parties de mercure; mais puisque la consommation se trouve quelquefois au dessous, on doit penser, d'après ce qui précède, qu'une partie du sulfate d'argent est décomposée directement par le mercure, d'où résulte du sulfate de ce métal; dans cette supposition, l'extraction de 100 parties d'argent contenu dans le sulfure n'en exigerait

que 93,42. Mais si l'on se bornait à l'emploi de cette quantité, il ne passerait que fort peu d'argent dans le mercure, parce que celui-ci se porterait de préférence et en totalité sur les molécules d'argent natif, dont la superficie seulement est recouverte de chlorure formé par le magistral, et qu'il dissout facilement.

L'addition de la chaux dans les *montons* (et en remplacement de laquelle *Barba* conseille de se servir de fer, de cuivre, d'étain ou de plomb, comme produisant le même effet et avec moins d'inconvénient) est utile lorsqu'on a mis une trop forte proportion de magistral, ou bien encore dans le cas où, par la décomposition spontanée, il s'est formé beaucoup de sulfates de peroxides : cette substance décompose les chlorures, mais, employée en excès, elle peut arrêter la décomposition spontanée des minérais.

Une trop forte proportion de mercure ajoutée au commencement de l'opération arrête également l'effet du magistral, à moins qu'il n'y ait beaucoup d'argent natif dans les minérais; il éloigne aussi mécaniquement le sel marin. En outre, le mercure agit en raison de la propriété qu'il possède de bien conduire la chaleur et diminue l'intensité de la réaction des chlorides sur les sulfures et même de la décomposition spontanée ; aussi Barba dit-il expressément qu'une forte addition de mercure refroidit les cours d'amalgamation.

Acosta est le seul métallurgiste qui, dans sa description du procédé d'amalgamation américain, remarque que l'on pourrait traiter dans un fourneau les résidus lavés de l'opération, afin d'en extraire le mercure qu'ils contiennent ; mais il ne

paraît pas qu'il ait eu en vue celui qui s'y trouve à l'état de chlorure, n'ayant songé qu'au mercure métallique retenu en petites parties et par adhérence dans les schlams; au reste, on n'imagine pas combien de milliers de quintaux de cette substance sont formés annuellement en Amérique, par le procédé d'amalgamation qu'on y pratique, et sont perdus sans retour.

Si l'on compare, sous le rapport de l'emploi et de la perte du mercure, le procédé américain, où ils sont énormes, avec celui de la Saxe, où ils sont beaucoup moindres, on ne peut s'empêcher de reconnaître la grande supériorité de ce dernier. On peut admettre qu'à Freyberg, et par une moyenne entre plusieurs années, 100 parties d'argent fin retiré par amalgamation n'occasionent la perte que de 16 ou 18 parties de mercure. C'est le $\frac{1}{11}$ de la consommation faite en Amérique pour obtenir le même résultat, ce qui semble extrêmement avantageux. Cependant, si l'on considère que cette perte totale, dans un travail bien conduit, ne devrait résulter que de la dissémination mécanique de ce métal, elle ne paraîtra faible que par comparaison avec celle qui a lieu dans l'autre procédé. En effet, l'amalgamation pratiquée dans des tonneaux, à l'aide de dispositions perfectionnées, ne devrait laisser dans les résidus que très peu de mercure, après des lavages également très parfaits, relativement à ceux de l'Amérique. D'après cela, n'est-il pas à croire que la totalité du mercure qui disparaît dans l'amalgamation allemande ne reste pas à l'état métallique engagée dans les schlams, mais

qu'une portion de ce métal, se trouvant dans les tonneaux en contact aveo des chlorures de fer ou de cuivre, est changée en chlorures, et que le fer ou le cuivre métallique qui se trouve là pour décomposer le chlorure d'argent, ne préserve pas complétement le mercure de l'action de ces chlorides. Cela explique pourquoi la perte sur le mercure est bien plus considérable lorsque, ne jugeant pas convenable d'employer le fer pour décomposer le chlorure d'argent, on se sert d'un métal électro-positif tel que le cuivre, ainsi que l'expérience l'a fait connaître.

Si dans l'amalgamation exécutée dans des tonneaux, il ne se trouvait avec le chlorure d'argent aucun chloride, l'action des métaux libres se bornerait à opérer la décomposition du premier : dans cette hypothèse, et si tout l'argent se trouvait à l'état de chlorure et non pas, comme il est vraisemblable que cela est le plus ordinairement, à l'état métallique, enveloppé d'une couche superficielle de chlorure, il suffirait de 25 parties de fer pour en obtenir 100 d'argent; cependant à Freyberg, on en emploie 60; on peut conclure de là et aussi de la composition de l'argent d'amalgamation, que le minérai introduit dans les tonneaux contient encore beaucoup de chlorides qui peuvent être décomposés par le fer ou par le cuivre métalliques. Ainsi, le mercure consommé, et que dans les ateliers d'amalgamation on a coutume de considérer comme restant disséminé dans les schlams, est réellement converti en grande partie en chlorure ; or, on sait qu'une fois formé, le chlorure de mercure ne

peut être décomposé, à la température ordinaire, par aucun métal.

Les diverses considérations théoriques auxquelles on a eu égard ont conduit à cette conclusion exacte que le succès du procédé d'amalgamation suivi en Allemagne dépend principalement des dispositions qui assurent la conversion de tout l'argent des minérais en chlorure; mais on a ensuite trop perdu de vue que ce composé devait être réduit complétement dans la seconde partie de l'opération. En effet, par le grillage des minérais pyriteux ou des pyrites ajoutées, et après le mélange avec du sel marin, on détermine la formation du chlorure; mais en même temps on convertit en sulfate de soude la plus grande partie du sel ajouté, et l'on perd ainsi le grand avantage que sa présence devrait procurer dans la seconde partie du procédé. Toutes les molécules de chlorure d'argent, qui, dans les tonneaux, ne viennent point en contact immédiat avec le fer ou avec le mercure, échappent à la décomposition; celles même qui ne touchent que le mercure ne sont pas réduites, à cause du peu de durée du contact, à moins que ce contact n'ait lieu en même temps avec le fer; car le sel marin, qui aurait été un conducteur continuel entre le chlorure d'argent et les métaux, a souvent disparu; la petite quantité qui en reste disséminée dans les tonneaux, au milieu d'un grand excès de sulfate de soude et de chlorure de fer, est tout à fait sans action.

Il est évident, d'après cela, qu'il conviendrait d'approprier à notre procédé d'amalgamation les dispositions de celui d'Amérique, qui permettraient d'en obtenir les avantages qu'on

y a reconnus, sans toutefois en conserver les inconvéniens; le plus grand est celui d'opérer la décomposition du chlorure d'argent par le mercure; car indépendamment de la dépense très considérable qui en résulte, la réduction s'opère bien plus rapidement par le moyen d'un métal électro-négatif que par un métal électro-positif, et par l'action de ces deux espèces de métaux réunis, incomparablement plus vite et plus complétement que par un seul. Le fer paraît être parmi les métaux le plus propre à produire cette décomposition, d'abord parce qu'il ne se combine pas avec le mercure, et ensuite parce qu'il appartient aux métaux les plus électro-négatifs. Le cuivre remplit les deux conditions d'une réduction rapide et complète d'une manière bien moins satisfaisante; car s'il ne se trouve pas en contact immédiat avec le mercure, son action est extrêmement imparfaite. Ainsi, dans l'amalgamation allemande, il convient de s'arranger de manière à n'être jamais dans le cas d'employer le cuivre, mais toujours le fer pour réduire le chlorure d'argent.

Il sera facile d'introduire dans notre procédé d'amalgamation les modifications nécessaires pour en obtenir les avantages que nous avons indiqués, en s'appuyant sur les résultats et sur les conséquences des théories que nous avons fait connaître précédemment. Les minérais d'argent, ainsi que les mattes argentifères, réduits en poussière très fine et tamisés, seront soumis, dans le fourneau à réverbère, à un grillage soutenu, qui décomposera complétement tous les sulfures métalliques, et même en grande partie

les sulfates formés. Le produit de ce grillage, poussé aussi loin que possible, contiendra donc, outre l'argent natif et le chlorure d'argent qui pouvaient s'y trouver primitivement, de l'argent à l'état métallique, et un peu d'oxide et de sulfate d'argent, qui seront mêlés et disséminés dans une masse considérable de matières terreuses, d'oxides métalliques et de sulfates avec excès de bases, qui résultent de la décomposition des pyrites, et que la température du grillage ne peut détruire complétement. Ces matières, pulvérisées de nouveau et tamisées, seront mêlées avec une dissolution dans l'eau de sel marin et de chloride de fer, et le tout mis à tourner dans les tonneaux, comme à l'ordinaire. Le chloride de fer sera préparé à très bon marché, en faisant dissoudre de l'oxide rouge de fer dans de l'acide muriatique impur du commerce. La dissolution de sel ayant pénétré dans les schlams, et la surface des particules d'argent natif ayant été changée en chlorure (effets qui sont produits presque instantanément), on pourra ajouter le fer métallique pour décomposer complétement le chloride de fer restant, après quoi l'addition du mercure terminera l'amalgamation en s'emparant de l'argent. Il serait superflu d'indiquer les motifs de ces opérations, puisqu'elles résultent évidemment des diverses considérations exposées dans la partie du mémoire qui précède. Ce procédé doit être recommandé principalement pour retirer l'argent des mattes et du fahlerz (cuivre gris), qui jusqu'ici n'ont été traitées que d'une manière bien imparfaite dans les fonderies.

Quant aux minérais qui contiennent beaucoup

de galène, ils ont été regardés jusqu'à présent comme de nature à ne pouvoir être traités par l'amalgamation, parce qu'ils laissent toujours réduire du plomb pendant leur grillage ; d'ailleurs, dans cette opération, le chloride de fer ne convertit qu'en partie ce métal en chlorure, et seulement à la superficie des globules; enfin l'amalgamation, à l'aide du fer, décompose ce chlorure, et le plomb métallique se combine en entier avec le mercure. Si l'on voulait débarrasser cet amalgame du plomb qu'il contient, il faudrait, avant de le passer à travers le coutil (*anspressen*), le laisser couler dans les cuves de lavages des résidus, et l'agiter avec une quantité suffisante de chloride de fer, qui produirait une séparation complète; il en serait de même à l'égard du cuivre amalgamé.

Il faut encore faire remarquer que, dans le procédé proposé, l'addition des pyrites est entièrement supprimée, quoique le grillage des minérais soit conservé. Ces pyrites rendent l'amalgamation plus dispendieuse, et leur emploi serait non seulement inutile, mais même nuisible dans la nouvelle méthode, en rendant le grillage plus pénible. Enfin, on doit considérer que le sel marin n'est point décomposé dans l'opération, puisqu'il ne sert que de conducteur électrique, et qu'on en pourra recueillir la plus grande partie lorsque l'amalgamation sera terminée : or, à Freyberg, la consommation annuelle s'élève à 5 ou 6,000 quintaux, qu'on ne devra pas négliger de retirer des résidus.

Le succès du nouveau procédé dépendra principalement :

1°. De la pulvérisation parfaite des minérais

ou de la matte avant le grillage, ainsi qu'après cette opération, afin de désagréger les parties agglomérées et de les remettre à l'état d'une poussière fine.

2°. D'un grillage très soigné, par lequel les sulfures métalliques et les sulfates avec excès d'oxide seront décomposés aussi complétement que possible. Lorsque les matières soumises à cette opération contiendront beaucoup de soufre, il pourra être utile d'ajouter dans le fourneau de la chaux en poudre, pour empêcher la réunion des molécules sulfureuses, circonstance qui rend ensuite la réussite du grillage extrêmement difficile.

3°. De la pénétration entière des minérais pulvérisés par le chloride de fer, et par la dissolution concentrée de sel marin. Pour cela, il conviendra de faire digérer ces substances dans un bassin particulier, pendant vingt-quatre heures au moins ; et ensuite on portera le tout dans les tonneaux d'amalgamation, en y faisant les additions accoutumées. On évitera tout retard dans cette opération, en ayant soin d'avoir toujours en avance une quantité de matières préparées, égale au moins à une charge de la totalité des tonneaux ; mais il conviendra encore bien mieux d'établir des bassins qui puissent contenir beaucoup plus de minérai ; le succès de l'amalgamation en sera plus assuré, parce que la formation du chlorure d'argent par les chlorides métalliques, ainsi que sa dissolution dans l'eau contenant du sel marin (solution concentrée), exigent un temps plus considérable que celui qui sera employé à effectuer la décomposition de ce chlorure par le fer dans les tonneaux. Il est

évident, en effet, que deux opérations aussi différentes que la formation et la dissolution du chlorure d'argent, d'une part, et ensuite sa décomposition, ne sauraient s'opérer convenablement en même temps dans les tonneaux. On ne devra pas d'ailleurs ajouter aux matières exposées dans les bassins, plus d'eau qu'il ne convient pour l'amalgamation proprement dite.

Sur deux nouveaux phosphates de manganèse et de fer;

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur au Corps royal des Mines.

On ne connaissait, il y a quelques années, qu'un seul phosphate de fer et de manganèse. M. Alluau de Limoges en a découvert deux nouveaux, qui diffèrent, par tous leurs caractères, du phosphate anciennement connu. Ils ne peuvent non plus être rapprochés l'un de l'autre, leur forme et leur composition étant essentiellement différentes. M. Alluau a indiqué, dans les *Annales des Sciences naturelles*, les caractères généraux de ces phosphates, auxquels il a donné les noms d'*huraulite* et d'*hétépozite*.

Parmi les échantillons dont il a enrichi la collection de l'École royale des Mines, il y en a un qui m'a offert de petits cristaux d'huraulite assez nets pour être mesurés par le goniomètre à réflexion; ce qui m'a permis d'étudier la forme de cette substance et de déterminer sa cristallisation, que M. Alluau n'avait pas fait connaître. J'ai en outre analysé les deux phosphates, et comme les résultats que j'ai obtenus présentent quelques différences avec ceux que M. Vauquelin a publiés dans le tome XXX des *Annales de chimie*, je les donnerai à la suite des caractères extérieurs.

L'un de ces phosphates contient une très grande quantité d'eau et de manganèse; l'autre, qui renferme encore une certaine quantité d'eau, est beaucoup plus riche en fer qu'en manganèse: ce dernier est seulement lamelleux, la forme qui dérive de son clivage ne peut se rapporter à celle de l'huraulite.

I. *De l'Huraulite.*

La forme primitive (*fig.* 1, Pl. II) de cette substance est un prisme rhomboïdal oblique, analogue à la forme du pyroxène; sa base repose sur l'arête aiguë. Les angles de ce prisme sont de 117°.30 et 62°.30.

Les seules formes que j'aie observées sont :

1°. Un prisme rhomboïdal surmonté d'un biseau fort incliné, dont l'angle est de 88° (*fig.* 2).

2°. Le même ayant des troncatures sur les arêtes latérales aiguës, de sorte qu'il présente la forme d'un prisme à six faces irrégulier et oblique, surmonté d'un biseau (*fig.* 3).

Les cristaux, au plus de la grosseur d'une tête d'épingle, sont accolés latéralement à la manière des cristaux de stilbite; les faces de la troncature et du biseau sont nettes et miroitantes : quant à celles du prisme, elles sont cannelées en longueur. La petitesse des cristaux et ces stries apportent de l'incertitude sur la mesure des angles; cependant le grand nombre de fois que j'ai mesuré ces cristaux, et quelques vérifications me font espérer que les valeurs suivantes approchent beaucoup de la vérité.

Angles principaux :

M sur M. = 62°,30′ *.
M sur M′ = 117°,30′ *.
S sur S = 88°,00′ *.

P sur r ou g (arête du biseau) sur r = 112°00′ *.

P sur M. = 101°,13′ 16″.
S sur r. = 105°, 4′ 57″.
S sur M. = 116°,56′ 20″ (1).

---

(1) L'angle de S sur M a été trouvé par le goniomètre

Angles plans de la base,	58°,46′ 44″. 121°,13′ 16″.
Id. des faces verticales,	109°, 3′ 36″. 70°,56′ 24″.

L'Huraulite ne présente aucun clivage; sa cassure est vitreuse.

Sa couleur est un jaune rougeâtre un peu plus clair que la couleur de l'hyacinthe. Il est transparent, peu dur.

Il est rayé par l'acier; mais il raie la chaux carbonatée.

Sa pesanteur spécifique est de 2.270.

Cette substance est très fusible; au chalumeau, on obtient un bouton noir, ayant l'éclat métallique; chauffée dans un matras, elle donne de l'eau.

D'après les caractères extérieurs de ce phosphate, on ne peut le confondre avec aucune autre substance. Sa couleur le rapprocherait peut-être du zircon; mais la forme irrégulière de ses cristaux et sa dureté l'en distinguent facilement.

L'Huraulite forme de petites veinules dans les granites des environs de Limoges. Les seuls échantillons connus ont été trouvés par M. Alluau sur un tas de déblais amassés pour l'entretien de la route. Il est associé à du phosphate de fer fibreux, d'un vert olive.

Analyse. L'échantillon que j'avais à ma disposition étant assez petit, je n'ai pu faire l'analyse que sur deux grammes.

J'ai d'abord dosé l'eau en calcinant la substance

---

de 116°. au lieu de 116°,56′, valeur obtenue par le calcul.

Les angles suivis d'un * ont été mesurés; les autres sont le résultat du calcul.

dans un petit matras. Elle a perdu 18 pour 100 par cette opération, qui ne l'a nullement fait changer de couleur. Pour mieux m'assurer si l'eau était entièrement chassée, j'ai chauffé cette poussière au rouge dans un creuset de platine, et j'ai trouvé sensiblement le même résultat; j'ai ensuite séparé la poudre calcinée en deux portions égales, et, pour être plus sûr de mes résultats, j'ai fait en même temps deux analyses.

J'ai suivi le procédé indiqué par M. Berzelius, qui consiste à dissoudre le phosphate dans un acide, et à le décomposer ensuite au moyen d'un hydrosulfate, que l'on laisse digérer sur le précipité pendant quelque temps. On isole ainsi le fer et le manganèse à l'état de sulfure, et l'acide phosphorique se combine avec l'ammoniaque.

Après avoir séparé les sulfures du phosphate d'ammoniaque, j'ai précipité l'acide phosphorique à l'état de phosphate de chaux en versant du muriate de chaux dans la liqueur.

Quant aux sulfures, je les ai dissous dans l'acide nitromuriatique pour faire passer le fer au *maximum*. J'ai d'abord séparé une grande partie de ce métal en versant goutte à goutte dans la liqueur un carbonate alcalin, puis j'ai précipité le fer restant et le manganèse au moyen d'un excès de ce carbonate. Le précipité, bien lavé, a été dissous dans l'acide acétique; enfin on a complétement séparé l'oxide de fer de l'oxide de manganèse en évaporant cette liqueur à siccité et en reprenant le résidu par l'eau bouillante.

Les deux analyses m'ayant donné des résultats presque identiques, j'ai réuni leurs produits en une seule somme. Les deux grammes d'Huraulite contiennent :

Acide phosphorique.	0,760
Oxide rouge de fer..	0,256
Oxide rouge de manganèse.	0,729
Eau.	0,360
	2,105.

L'augmentation de poids que présentent ces analyses m'a fait présumer que les oxides étaient au *minimum*, ainsi qu'ils le sont ordinairement dans les phosphates naturels; les proportions que l'on trouve en faisant cette transformation donnent, au contraire, une somme à peu près égale à la matière employée. En outre, je me suis assuré directement de l'état d'oxidation du fer en dissolvant une certaine quantité de ce phosphate dans l'acide muriatique, et en versant dans la liqueur du prussiate rouge de potasse.

Les oxides étant ramenés au *minimum*, l'analyse devient :

		En centièmes.	Oxigène.		
Acide phosphorique..	0,760	0,3800	0,210	8.	
Oxide de fer.	0,230	0,1110	0,025	1	4.
Oxide de manganèse..	0,654	0,3285	0,072	3	
Eau.	0,360	0,1800	0,152	6.	
	2,004	0,9995.			

D'après ces proportions, on voit que la quantité d'oxigène des bases est moitié de celle de l'acide, ce qui conduit à la formule assez simple :

$$3\,\ddot{M}^5\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}^4 + \ddot{F}^5\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}^4 + 60\,Aq,$$

$$\text{ou } 3\,Ma\,P^2 + Fe\,P^2 + 6\,Aq.$$

En cherchant les proportions qui résultent de cette formule, on trouve :

		Oxigène.		
Acide phosphorique..	0,3652	0,2046	8.	
Oxide de fer	0,3495	0,0760	1	4.
Oxide de manganèse..	0,1123	0,0255	3	
Eau.	0,1726	0,1536	6	
	0,9996.			

Cette espèce a été désignée par M. Alluau sous le nom d'*Huraulite*, parce qu'elle a été trouvée dans la commune des Huréaux.

II. *De l'Hétépozite.*

Cette substance n'est encore connue qu'en masses lamelleuses, présentant un clivage triple également facile, mais peu net. La forme primitive qui dérive de ce clivage est un prisme rhomboïdal oblique sous l'angle de 100 à 101 degrés (*fig.* 4); son éclat, peu vif et gras, est analogue à celui de la chaux phosphatée. Les lamelles ne sont pas assez réfléchissantes pour qu'on puisse se servir du goniomètre à réflexion pour mesurer l'angle compris entre les faces du clivage. La couleur de ce phosphate est un gris verdâtre un peu bleuâtre; il présente alors tout à fait l'apparence d'une substance pierreuse. Il éprouve une certaine altération par l'action de l'air, car les fragmens possédant la couleur que je viens d'indiquer sont peu nombreux et occupent ordinairement le centre de plus gros morceaux; cependant j'en ai détaché plusieurs ayant de 2 à 3 lignes de côté. La couleur des parties altérées est un beau violet-évêque; son éclat vitreux est devenu demi-métallique. Le clivage, rendu plus facile par cette décomposition, est plus terne et encore moins réfléchissant; seulement, comme les lames sont plus nettes, on peut y appliquer avec plus d'exactitude le goniomètre de M. Haüy.

La dureté de l'Hétépozite non altéré est assez grande; il raie avec facilité le verre, mais non le quarz. Lorsqu'il est altéré, il est beaucoup moins dur, et il est alors rayé par une lame d'acier.

La pesanteur spécifique du premier est de. 3,524,
Celle du second est de. . . . . 3,390.

Il se dissout dans les acides avec un résidu très

léger de silice ; au chalumeau, il est fusible en émail brun foncé, ayant un éclat demi-métallique.

Pour analyser ce phosphate, on s'est servi du même procédé que pour le premier : la seule différence qu'on ait observée, c'est que le phosphate non altéré, dissous dans l'acide nitrique, a donné un dégagement assez considérable de gaz nitreux; ce qui prouve, *à priori*, que le fer y est au *minimum*.

J'ai fait deux analyses de l'Hétépozite, l'une sur 2 gr. 50, l'autre sur 2 grammes; les résultats étant peu différens, je les ai réunis en une seule somme. Les 4 gr. 50 employés donnent alors les proportions suivantes :

	g
Acide phosphorique....	1,880
Oxide rouge de fer....	1,750
Ox. rouge de manganèse.	0,809
Perte au feu.........	0,198
Résidu insoluble (silice).	0,010
	4,647.

L'augmentation que l'on remarque est due à la suroxidation des métaux; en les réduisant au *minimum*, l'analyse devient :

	g	En centièmes.	Oxigène.	
Acide phosphorique..	1,880	0,4177	0,2340	6.
Oxide de fer......	1,562	0,3489	0,0793	2.
Oxide de manganèse.	0,790	0,1757	0,0385	1.
Perte au feu......	0,198	0,0440	0,0390	1.
Silice...........	0,010	0,0022		
	4,440	0,9885.		

D'après ces proportions, la quantité d'oxigène des bases est encore ici moitié de celle de l'acide. Elles conduisent à la formule suivante :

$$2\,\ddot{F}^5\,\dddot{\ddot{P}}^4 + \ddot{M}^5\,\dddot{\ddot{P}}^4 + 10\,Aq,$$
$$\text{ou } 2\,F\,P^2 + M\,P^2 + Aq.$$

En calculant, d'après ces formules, les proportions exactes de ce phosphate, on trouve celles qui suivent :

		Oxigène.	
Acide phosphorique. . .	0,4261	0,24	6.
Oxide de fer.	0,3502	0,08	2.
Oxide de manganèse . .	0,1810	0,04	1.
Eau.	0,0449	0,04	1.
	1,0022.		

En comparant les deux phosphates que je viens de décrire, on voit qu'ils ont entre eux de grandes différences et qu'on doit en faire deux espèces distinctes. Dans le premier, la proportion d'eau est considérable, et la quantité de fer est très inférieure à celle du manganèse ; tandis que, dans le second, au contraire, il existe très peu d'eau, et le fer y est dominant. Les formes cristallines confirment cette séparation.

La composition de ces phosphates s'oppose aussi au rapprochement qu'on serait peut-être porté à faire avec le phosphate connu depuis long-temps; de sorte qu'il me paraît certain qu'on doit admettre, dans le système minéralogique, trois combinaisons de phosphate de fer et de manganèse. Pour qu'on puisse les comparer, je vais transcrire ici le résultat de l'analyse que M. Berzelius a faite de l'ancien phosphate :

Acide phosphorique...	0,3280
Protoxide de fer. . . .	0,3190
Protox. de manganèse.	0,3260
Phosphate de chaux . .	0,0320
	1,0050,

qui conduit à la formule :

$$F^4\,P^5 + mg^4\,P^5.$$

NOTE

Sur l'effet utile d'un cheval attelé à un manége;

Par M. D'AUBUISSON, Ingénieur en chef au Corps royal des Mines.

Les constructeurs et manufacturiers anglais, voulant exprimer la force des machines qu'ils faisaient ou employaient, la comparaient à celle de plusieurs chevaux agissant à la fois.

Mais quelle est la force d'un cheval, c'est à dire quel est l'effet mécanique produit par un cheval? Naturellement, il doit varier selon la grosseur et la force musculaire de l'individu employé, ainsi que la manière dont il est employé; et l'on ne doit pas être étonné que l'estimation de cet effet, donnée par plusieurs auteurs, varie du simple au double. Aussi, lorsqu'on a voulu une appréciation exacte de l'effet des machines, et qu'on a voulu soumettre cet effet au calcul, on a dû renoncer au mode anglais, et l'on a pris pour mesure de l'effet le poids que la machine était capable d'élever à une certaine hauteur, en un certain temps, ou, ce qui revient au même, le poids élevé à l'unité de mesure dans l'unité de temps: dans notre système métrique cela a été le nombre de kilogrammes élevés à 1 mètre en une seconde. Pour avoir des chiffres moins considérables, on a aussi pris, comme unité, 1,000 kilogrammes ou 1 mètre cube d'eau élevé à 1 mètre de hauteur, c'est l'*unité dynamique*; et l'on indique l'effet d'une machine, ou celui d'un moteur, en disant qu'il est de tant de ces unités.

Mais ce qui était très convenable pour les savans et pour les hommes très instruits, ne l'a plus été pour la généralité de ceux qui font usage des machines, ou de ceux à qui l'on veut donner une idée de leur effet. On ne pouvait la leur donner que par la comparaison avec un agent mécanique généralement connu, et l'on est revenu à la force du cheval. Cependant, pour l'employer avec précision, notamment dans l'estimation de la force des machines à vapeur, on est convenu de la regarder comme l'équivalent de celle qui élèverait 75 kilogrammes à 1 mètre en une seconde, et on l'a nommée *cheval-vapeur*. Mais encore cette fois, le terme de comparaison était trop idéal et trop peu dans la nature pour satisfaire la généralité, on a repris le travail physique d'un cheval, et l'on a pensé que le travail du cheval dans un manége était celui auquel il paraissait le plus convenable de rapporter l'effet des machines : c'est ainsi que s'est exprimé M. de Prony dans une importante discussion sur cet objet (1). En effet, dans ce mode d'indiquer un effet, la manière dont le cheval est employé se trouve explicitement donnée, et la force de l'individu l'est implicitement ; car, dans un établissement bien monté, on n'attèle à un manége ni un petit cheval de selle, ni un gros cheval de roulier, mais bien un cheval de trait de taille ordinaire.

Examinons quel est l'effet d'un tel cheval. Je remarquerai avant, au sujet de l'effet d'un moteur appliqué à une machine, qu'on distingue l'*effet utile* et l'*effet dynamique* : le premier est le

---

(1) *Annales des Mines*, Tom. XII, p. 8.

seul qui intéresse le manufacturier achetant une machine, le seul qui lui porte profit, et par conséquent le seul qu'il veut payer : ce sera, par exemple, dans l'exploitation d'une carrière, la quantité de pierre élevée d'une certaine profondeur. L'effet dynamique se compose de l'effet utile, plus des résistances de toute espèce que les diverses parties de la machine opposent au mouvement par leur frottement, leur inertie, etc., etc.: cet effet concerne particulièrement l'ingénieur qui construit ou établit la machine. Nous ne nous occuperons ici que de l'effet utile, comme étant celui qui intéresse le plus généralement; son indication ne saurait donner lieu à équivoque ou à erreur sur l'effet total du moteur : en disant qu'il a été obtenu à l'aide d'une machine, le manége, on dit implicitement que cet effet était plus considérable, et qu'une portion en a été absorbée par les résistances au mouvement.

Observons encore que la détermination de l'effet utile d'un moteur animé ne doit pas se faire sur quelques observations isolées, ou même sur quelques expériences exécutées avec un soin particulier, mais bien sur ce qui se fait tous les jours et dans l'état ordinaire des choses.

Cette condition se trouve remplie dans les faits sur lesquels je vais baser une détermination; ils sont pris principalement de ce qui se pratique aux mines de Freyberg, en Saxe; je les ai consignés, il y a près de trente ans, dans mon ouvrage sur ces mines et sur leur exploitation. Les chevaux qu'on emploie aux manéges de Freyberg sont des chevaux des cultivateurs du voisinage, avec lesquels il est fait un marché pour élever journellement un nombre déterminé de tonnes

de minérai d'une certaine profondeur ; ces chevaux sont petits pour des chevaux de trait, mais ils sont bien tenus ; le temps du travail est censé être de huit heures, durée de la journée des mineurs à Freyberg ; en réalité, il est un peu moindre.

Premier fait. Après avoir décrit un des manéges, ou, pour employer le terme technique, une des *machines à molettes* les mieux faites du pays, je dis (t. III, p. 123) : « Passons à l'effet de la » machine. Elle est mue par deux chevaux, et » lorsque l'extraction se fait de la galerie d'écou- » lement, on élève 26 tonnes dans les huit heu- » res. Une tonne pleine pèse de 16 à 18 quintaux ; » avec sa vitesse ordinaire, elle met neuf à dix » minutes pour parcourir 60 toises. » Ailleurs, j'avais dit que la tonne vide pesait $4\frac{1}{2}$ quintaux, et que la galerie d'écoulement était à 60 toises de profondeur verticale au dessous de la surface du sol. (Le puits par lequel se fait l'extraction étant incliné de 65°, la profondeur oblique au chemin parcouru par la tonne est 66,19 toises.)

La toise ou *lachter* des mines de Freyberg est de $1^{m},98$; et le quintal, 110 livres, poids de Cologne, est de $51^{k},42$.

D'après ces données, l'effet utile des deux chevaux aura été d'élever 26 tonnes de 591 à 694 kilogrammes à 119 mètres de hauteur verticale. Vu l'inclinaison du puits, qui augmente les résistances, nous prendrons le plus fort des deux poids, 694 kilogrammes, et nous conclurons que l'effet utile de chacun des deux chevaux, dans sa journée de travail, a été d'élever 1,073,618 kil. à 1 mètre, c'est 1,074 unités dynamiques : par seconde, en admettant huit heures de temps, ce serait 37,28 kilogrammes.

Toutefois, on n'a pas ici huit heures de travail continu : la tonne mettant dix minutes pour monter, les 26 tonnes n'auront exigé que quatre heures vingt minutes d'un tel travail. Le reste du temps, celui où l'on vide et charge les tonnes, les chevaux demeurent au repos, et si les 26 tonnes sont élevées avant l'expiration des huit heures, ce qui est presque toujours le cas, on les emmène.

En n'ayant point égard aux momens de repos, mais seulement au temps où les chevaux ont agi sur les traits, la tonne de 694 kilogrammes mettant dix minutes pour monter de 119 mètres, l'effet utile d'un cheval serait de 68,82 kilogr.

Deuxième fait. J'ai pris l'ensemble de mes observations sur les diverses machines à molettes de Freyberg, et j'en ai conclu (t. I, p. 223) comme terme moyen, qu'une d'elles élevait en huit heures, d'une profondeur de 100 toises, 20 tonnes de minérai chacune de 10 *seaux :* une tonne met près de dix-huit minutes pour monter, et il faut cinq à six minutes pour la vider et charger l'autre.

Le seau (*kübel*) en usage à Freyberg a une capacité de 0,0328 mètres cubes. La matière minérale qu'il contient pèse plus ou moins, selon la quantité de parties métalliques qu'elle renferme; on admet moyennement 56 kilogrammes, et par suite celle que porte 1 tonne de 10 seaux est de 560 kilogrammes.

Nous avons donc ici 20 fois 560 kilogrammes élevés à 198 mètres; ce qui donne pour le travail journalier de chaque cheval 1,109 unités dynamiques, et pour l'effet utile, en une seconde, 38,50 kilogrammes.

Abstraction faite des momens de repos entre les élévations successives, les chevaux mettant dix-huit minutes pour élever 560 kilogrammes de 198 mètres, cet effet serait de 51,33 kilog.

Dans les deux faits que nous venons de rapporter, l'effet utile est représenté par 37,28 et 38,50 kilogrammes. Mais si l'on considère que la tonne est toujours élevée à 1 ou 2 mètres au dessus du sol, et que les chevaux ne restent pas habituellement attelés huit heures entières, on verra que l'on peut, sans exagération, porter à 40 kilogrammes élevés à 1 mètre en une seconde l'effet utile d'un cheval attelé pendant huit heures à un manége de Freyberg.

Troisième fait. Je cite encore un exemple fourni par les mines : je le prends de celles de Carmeaux (Tarn). Dans une d'elles, par un puits vertical de 127 mètres, on élève chaque jour, en huit heures quinze minutes, 50 barriques de houille contenant 5 hectolitres combles, estimés peser 101 kilogrammes chacun.

L'effet utile de chacun des deux chevaux attelés à la fois serait ici de 53,98 kilogr. élevés à 1 mètre en une seconde : quantité bien considérable (lors même qu'on porterait à huit heures et demie le temps du travail, et qu'on réduirait à 96 kilog. le poids de l'hectolitre comble, et c'est plus que la latitude qu'on peut se permettre, on aurait encore 46,69 kilogrammes). Mais il faut observer que les chevaux ici employés sont de gros chevaux de trait, et qu'ils ne travaillent que pendant six heures par jour, trois le matin et trois le soir, de sorte que six chevaux ont concouru à l'élévation des 50 barriques de houille élevées. D'ailleurs, si on prend le travail du cheval pendant

la journée entière, il ne différera pas sensiblement de celui qu'on a eu à Freyberg : ici, il est représenté par 1,109 unités dynamiques; à Carmeaux, il l'est par 1,555.

Le mode de mesurer l'effet d'un cheval attelé à un manége, à l'aide des manéges des mines, où une masse d'un poids connu est élevée immédiatement par la machine à une hauteur également connue, me paraît le plus simple et le plus certain. Si on élève de l'eau par l'intermédiaire de pompes, l'effet se complique, et une partie de l'eau élevée retombe souvent avant d'avoir atteint le haut des tuyaux qui la versent dans le bassin de jauge.

En conséquence, je crois pouvoir généraliser le résultat des observations de Freyberg, qui donnent 40 kilogrammes pour l'effet d'un cheval travaillant au manége pendant huit heures par jour. M. Navier, dans ses intéressantes notes sur l'architecture hydraulique de Bélidor (t. I, p. 396), a admis une estimation à peu près pareille ($40\frac{1}{2}$ kilogrammes); mais ce n'est plus l'effet utile du cheval qu'il a en vue, c'est l'effet total, ou, pour employer son langage, la quantité d'action qu'un cheval peut développer en vingt-quatre heures. Considérée sous ce rapport, cette estimation me paraît beaucoup trop faible; un bon cheval ordinaire, attelé à un manége, exerce sur les traits une tension de 100 kilogrammes au moins, en marchant avec une vitesse de $0^m,80$ (elle est moyennement de $0^m,82$ à Freyberg); ce qui donne par seconde une action de 80 kilogrammes. Il est vrai qu'un cheval ne pourrait pas la continuer sans interruption pendant huit heures, et qu'il faut compter, pour ce temps, au

moins deux heures de repos; ce qui réduirait l'action par seconde à 60 kilogrammes. M. Hachette, dans son *Traité des Machines* (p. 56-60), rapporte trois observations, où il a mesuré avec le dynamomètre la tension sur les traits, et qui lui ont donné, dans la journée de travail, une quantité d'action, laquelle répartie sur huit heures de temps, est par seconde de 58, 41 et 102 kilogrammes; moyenne, 67. Réduisons encore ici à 60 kilogrammes la mesure de l'effet total, l'effet utile n'en serait que les deux tiers, l'autre tiers aurait été absorbé par les résistances du manége.

Quoi qu'il en soit de l'effet total, je crois pouvoir conclure que l'*effet utile d'un cheval attelé pendant huit heures à un manége doit être estimé à 40 kilogrammes élevés à 1 mètre par seconde:* bien entendu qu'il s'agit d'un bon cheval de trait de taille ordinaire, travaillant, en deux relais de quatre heures chacun; bien entendu encore que le manége est simple et convenablement disposé.

ORDONNANCES DU ROI,

CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LE TROISIÈME ET LE QUATRIÈME TRIMESTRE 1828 ET LE PREMIER TRIMESTRE DE 1829.

Usine à fer d'Yoncq.

Ordonnance du 27 août 1828, portant que le sieur Lamotte-Flamand *est autorisé à substituer à la foulerie dite de* Grésil, *sur le ruisseau d'Yoncq, commune d'Yoncq* (Ardennes), *une usine à fer, composée, conformément aux deux plans joints à la présente ordonnance, d'un feu d'affinerie, d'un gros marteau, d'un feu de chaufferie, de deux martinets, d'un équipage de laminoir, d'un équipage de taillans, de deux fours à laminer et d'un four à fendre, sous la condition que l'impétrant ne pourra consommer du charbon de bois que dans le feu d'affinerie, et qu'il alimentera à la houille les deux chaufferies et les fours à laminer et à fendre.*

Forge à la catalane de Hèches.

Ordonnance du 30 août 1828, portant que le sieur Larroque *est autorisé à établir, conformément au plan joint à la présente ordonnance, une forge à la catalane, composée de deux feux et de trois marteaux, sur la rivière de la Neste à Rebout, commune de Hèches* (Hautes-Pyrénées).

Haut-fourneau d'Elven.

Ordonnance du 30 août 1828, portant que les sieurs Tuffier, Guibert *et* Fleury *sont autorisés à établir, conformément aux deux plans d'ensemble et de détails joints à la présente ordonnance, un haut-fourneau et un atelier de moulerie, à Tredion, commune d'Elven* (Morbihan).

Mines de houille de Comberedonde.

Ordonnance du 30 août 1828, portant concession des mines de houille de Comberedonde (Gard).

(Extrait.)

Charles, etc., etc., etc.,

Art. Ier. Il est fait à la compagnie des mines de plomb de Villefort et Vialas, département de la Lozère, sous le nom de concession de Comberedonde, concession des mines de houille situées dans l'arrondissement d'Alais, département du Gard et limitées ainsi qu'il suit;

Au sud, à partir de Courcoulouse, une ligne droite tirée au Devois, et une autre ligne droite, tirée du Devois à la Rouvière, prolongée jusqu'à son intersection avec la ligne tirée de Notre-Dame de Palmesalade au château de Portes;

A l'ouest, à partir de l'intersection précédente, la ligne tirée de Notre-Dame de Palmesalade au château de Portes; au nord, une ligne droite, tirée du château de Portes au point R du plan, où le ruisseau du Vallat de Trépoloup reçoit un ruisseau qui descend de Ronchaut; puis, à partir de ce point R, le ruisseau du Vallat de Trépoloup jusqu'à son confluent avec le ruisseau d'Ausou; puis, à partir de ce confluent, une ligne droite tirée à Lagrange;

A l'est, une ligne droite, tirée de Lagrange à Courcoulouse, point de départ.

L'étendue de cette concession est de trois kilomètres carrés soixante-dix hectares, conformément au plan annexé à l'ordonnance concernant la concession de Trelys et Palmesalade.

Ordonnance du 30 *août* 1828, *portant concession des mines de houille de Sessous et Trebiau* (Gard).

Mines de houille de Sessous et Trebiau.

(Extrait.)

Charles, etc., etc., etc.

Art. Ier. Il est fait au sieur Joseph Pagèze de Lavernède, demeurant à Malbosc, département de l'Ardèche, sous le nom de concession de Sessous et Trebiau, concession des mines de houille situées dans l'arrondissement d'Alais, département du Gard et limitées ainsi qu'il suit:

A l'ouest, à partir du château de Portes, une ligne droite tirée aux Bousiges;

Au nord, une ligne droite tirée des Bousiges à Peire-Malle, jusqu'à son intersection avec la ligne droite tirée de la Grange à Clamont;

A l'est, à partir de ladite intersection, la ligne droite de Clamont à Lagrange jusqu'à Lagrange;

Au sud, une ligne droite tirée de Lagrange au confluent du ruisseau du Vallat de Trépaloup, dans le ruisseau d'Ausou; puis le Vallat de Trépaloup, en le remontant jusqu'au point R du plan, où il reçoit un petit ruisseau descendant de Ronchaut; puis, de ce point R, une ligne droite tirée au château de Portes, point de départ.

L'étendue de cette concession est de cinq kilomètres carrés cinquante-sept hectares, conformément au plan annexé à l'ordonnance concernant la concession de Trelys et Palmesalade.

Ordonnance du 20 *septembre* 1828, *portant que les sieurs* Devillez, Bodson *et* fils *sont autorisés à construire, conformément aux deux plans qui resteront annexés à la présente ordonnance, un haut-fourneau, au charbon de bois, pour fondre le minérai de fer, à la tête d'eau de l'usine à fer de Brevilly, sur la rivière de Chiers, arrondissement de Sedan* (Ardennes).

Haut-fourneau de Brevilly.

Patouillets de Delain.

Ordonnance du 12 octobre 1828, portant que les sieurs Ardaillon, Bessy *et* compagnie *sont autorisés à maintenir les modifications qu'ils ont faites aux dispositions de l'ordonnance du* 30 *août* 1826, *qui les a autorisés à établir deux patouillets mus par une roue hydraulique, pour le lavage du minérai de fer, en remplacement du moulin de l'étang de la Bonde, et sur le cours d'eau de ce moulin, commune de Delain* (Hte.-Saône).

Patouillet de Chevraucourt.

Ordonnance du 12 octobre 1828, portant que le sieur Mion-Bouchard *est autorisé à conserver et tenir en activité le patouillet qu'il possède sur la rivière de Suize, au lieu dit* Chevraucourt (Haute-Marne), *et que du* 1er. *mai au* 1er. *novembre de chaque année, il ne pourra être épuré à ce patouillet que le minérai qui aura déjà subi un premier lavage.*

Haut-fourneau et bocard de Menancourt.

Ordonnance du 12 octobre 1828, portant que le sieur Paillot *est autorisé à construire, dans l'un des moulins de Menancourt dont il est propriétaire dans la commune de ce nom* (Meuse), *un haut-fourneau dont les soufflets seront mus par une machine hydraulique, et un bocard à mine à deux batteries, comprenant chacune quatre piliers; le tout conformément aux plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance.*

Ordonnance du 12 *octobre* 1828, *portant que les sieurs* Derosne *et* compagnie *sont autorisés à tenir en activité, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, les deux lavoirs à cheval destinés au lavage du minérai de fer, qu'ils possèdent au lieu dit* les Mouillères, *territoire de Pernot, commune de Grand-Velle* (Haute-Saône).

Lavoirs à cheval de Grand-Velle.

Ordonnance du 12 *octobre* 1828, *portant que le sieur* Guillaume *est autorisé à établir un martinet à fer sur le ruisseau de Brouelle au territoire de Brouenne* (Meuse), *à cinq cents mètres en aval du chemin de Brouelle aux carrières de Brouenne, sur un terrain appartenant au sieur* Guillaume.

Martinet à fer de Brouenne.

Ordonnance du 26 *octobre* 1828, *portant que les sieurs* Gignoux *et* compagnie *sont autorisés à ajouter un haut-fourneau à fondre le minérai de fer à la forge de Cuzorn, située sur la Lemance, commune de Cuzorn* (Lot-et-Garonne), *sous la condition que les impétrans ne pourront apporter aucun changement aux ouvrages hydrauliques dépendans de la forge.*

Haut-fourneau de Cuzorn.

Ordonnance du 26 *octobre* 1828, *qui, pour les années* 1828, 1829, 1830, 1831 et 1832, *fixe, sous forme d'abonnement, la redevance proportionnelle des mines de houille de Littry* (Calvados).

Mines de houille de Littry.

Mines de houille-lignite de Montoulieu.

Ordonnance du 26 octobre 1828, portant concession des mines de houille-lignite de Montoulieu (Hérault).

(Extrait.)

Charles, etc., etc., etc.

Art. Ier. Il est fait au sieur Lavalette, sous le nom de concession de Montoulieu, concession des mines de houille-lignite situées dans la commune de Montoulieu et autres limitrophes, département de l'Hérault, et comprises dans les limites ci-après :

Au nord, par la limite qui sépare le département de l'Hérault de celui du Gard, depuis le point d'intersection qu'elle forme avec le prolongement de la ligne droite tirée de la Roque à Moulès, point marqué A sur le plan, jusqu'au pont de la citerne ;

A l'est, par la ligne droite tirée du pont de la Citerne au rocher de Monnié ;

Au sud, par une ligne menée du rocher de Monnié à celui de Roumettes ;

Au sud-ouest et ouest, par les lignes droites menées du rocher de Roumettes au clocher de Moulès, et de ce clocher au point d'intersection formé par le prolongement de la ligne tirée de Laroque à Moulès, avec la limite départementale, point de départ.

Les limites ci-dessus comprennent une superficie de vingt-huit kilomètres carrés quatre-vingts hectares, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance.

Forge catalane de Massat.

Ordonnance du 5 novembre 1828, portant que le sieur Casimir Servat *est autorisé à établir une forge catalane, composée d'un seul feu et d'un gros marteau, sur la rive gauche de la rivière d'Azat, à l'extrémité d'un canal d'irrigation appartenant à l'impétrant, commune de Massat* (Ariége).

Ordonnance du 12 novembre 1828, portant que le sieur Duplaquet *est autorisé à construire, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, dans la commune de Remigny* (Aisne), *une usine pour la fabrication des magmats, de la couperose et de l'alun, et que l'impétrant ne pourra employer que des combustibles minéraux dans ladite usine.*

Usine de Remigny.

Ordonnance du 12 novembre 1828, portant que les sieurs Aubertot *père et fils aîné sont autorisés à maintenir et conserver en activité l'usine à fer dite* du Noyer, *située sur la rivière de La Theol, commune de Brives* (Indre), *et que la consistance de cette usine est et demeure fixée, conformément aux deux plans joints à la présente ordonnance, à un haut-fourneau, un bocard à crasse et un patouillet.*

Usine à fer du Noyer.

Ordonnance du 12 novembre 1828, portant que le sieur Gauthier *est autorisé, conformément au plan joint à la présente ordonnance, à convertir en un lavoir à cheval double les deux lavoirs à bras établis, en vertu de l'ordonnance du 16 février* 1827, *dans le pré dit* Genochier, *commune de Cugney* (Haute-Saône).

Lavoir à cheval double de Cugney.

Ordonnance du 12 novembre 1828, portant concession des mines de houille de Bezenet, commune de Montvicq (Allier).

Mine de houille de Bezenet.

(Extrait.)

Charles, etc., etc., etc.

Art. Ier. Il est fait aux sieurs Étienne Devaux, Felix Devaux et Jacques Michard, sous le nom de concession de

Bezenet, concession des mines de houille situées dans la commune de Montvicq, département de l'Allier, et comprises dans les limites ci-après, savoir :

Au nord-est, par la grande route de Limoges à Moulins, à partir de son intersection avec le chemin de Montvicq à Montmarault jusqu'au pont de Bezenet, et de là par le chemin vicinal qui passe par le village de Bezenet, jusqu'à sa rencontre avec le chemin des Chauvais à Bezenet ;

Au sud-est, par ledit chemin des Chauvais à Bezenet, jusqu'au village des Chauvais et à l'angle nord de la maison Michard ;

Au sud-ouest, par la ligne droite allant de ce dernier point à l'intersection des chemins de Montvicq à Montmarault et de Montvicq à Bezenet ;

Au nord-ouest, par ledit chemin de Montvicq à Montmarault, jusqu'à la rencontre de la route royale de Limoges, point de départ.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de quatre-vingts hectares, conformément au plan qui est annexé à la présente ordonnance.

Lavoirs à bras de Rosey.

ORDONNANCE du 19 *novembre* 1828, *portant que les sieurs* Hézard *père et fils sont autorisés à établir, conformément au plan joint à la présente ordonnance, six lavoirs à bras pour le lavage du minérai de fer, dans le pré dit* Roussel, *dont ils sont propriétaires, commune de Rosey* (Haute-Saône).

Patouillet et lavoirs à bras de Velle-le-Châtel et de Boursières.

ORDONNANCE du 19 *novembre* 1828, *portant que les sieurs* Blum *sont autorisés,* 1°. *à rétablir le patouillet à roue qui existait autrefois près du moulin qu'ils possèdent dans la commune de Boursières, sur la petite rivière de Baignotte;* 2°. *à établir six lavoirs à bras, destinés également au lavage du minérai de fer, près dudit*

moulin, et sur une dérivation de ladite rivière dans le pré du Colombier, communes de Velle-le-Châtel et de Boursières, arrondissement de Vesoul (Haute-Saône); *le tout conformément au plan joint à la présente ordonnance.*

Usine à fer de la Brame.

ORDONNANCE du 24 décembre 1828, concernant l'usine de la Brame (Dordogne).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Le sieur Laulanié est autorisé, 1°. à conserver et tenir en activité l'usine de la Brame, dans la commune de Saint-Sernin-de-Biron, arrondissement de Bergerac, département de la Dordogne; 2°. à transférer et réunir le feu d'affinerie de la Vaisse à l'usine de la Brame.

ART. II. La consistance de cette usine, dont l'eau motrice est fournie par la rivière de Dropt, est et demeure fixée, conformément aux plans de masse et de détails annexés à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit :

Un haut-fourneau pour fondre le minérai de fer, allant au charbon de bois;

Une forge catalane pour la fusion du minérai, pouvant servir au besoin d'affinerie, pour la conversion de la fonte en fer forgé, allant également au charbon de bois.

ART. III. La forge anciennement existante à la Vaisse, commune de Vergt, et transformée aujourd'hui en moulin à blé, demeure supprimée et ne pourra être rétablie sans permission.

Mine de houille de Puech-la-Bastide.

ORDONNANCE du 31 *décembre* 1828, *portant concession de la mine de houille de* Puech-la-Bastide, *commune de Laissac* (Aveyron).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Il est fait aux sieurs Verdier père et fils con-

cession de la mine de houille de Puech-la-Bastide, commune de Laissac, département de l'Aveyron.

ART. II. La concession, qui embrasse une étendue superficielle d'un kilomètre carré quatre hectares trente et un ares, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, est limitée ainsi qu'il suit :

A l'ouest, par une ligne tirée de l'angle nord-est de la maison Boucais à l'angle sud-ouest de la maison qui est placée à l'extrémité sud-ouest de Jumels;

Au nord-est, par une ligne droite tirée du dernier point ci-dessus à l'angle ouest de la principale maison de Toucilles, et s'arrêtant à une borne qui sera placée à deux cents mètres de cette maison;

Au sud, par une ligne droite tirée de la borne indiquée ci-dessus à l'angle nord-est de la maison Boucais, point de départ.

Lavoirs à bras de Lieffrans.

ORDONNANCE du 7 janvier 1829, portant que le sieur Derosne *et compagnie sont autorisés à tenir et conserver en activité, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, les deux lavoirs à bras qu'ils ont établis pour le lavage du minérai de fer sur le cours de la fontaine dite de* la Voie de Neuvelle, *commune de Lieffrans* (Haute-Saône).

Haut-fourneau de la Neuville-aux-Joûtes.

ORDONNANCE du 14 janvier 1829, portant que le sieur Bocquet *est autorisé à construire, conformément aux deux plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance, sur la tête d'eau de la forge d'en-bas de la Neuville-aux-Joûtes* (Ardennes), *un haut-fourneau destiné à fondre le minérai de fer, et dont les soufflets seront mus par une machine hydraulique.*

Ordonnance du 21 janvier 1829, portant que le duc Decazes est autorisé à établir, au lieu dit Lagrange, *commune d'Aubin* (Aveyron), *une usine à fer allant à la houille, composée de quatre hauts-fourneaux à fondre le minérai de fer, quatre fineries ou fourneaux à mazer la fonte, dix fourneaux à puddler, huit fourneaux de chaufferie et deux fourneaux à traiter les ribblons, le tout conformément aux trois plans qui resteront annexés à la présente ordonnance.*

Usine à fer de Lagrange.

Ordonnance du 21 janvier 1829, portant que les sieurs Galaire *et* Patret *sont autorisés à établir, conformément au plan joint à la présente ordonnance, quatre lavoirs à bras pour le lavage du minérai de fer, sur le cours de la fontaine dite* de Faux, *qui prend naissance dans leur propriété, au lieu dit* le Jardinet, *commune de Lieffrans* (Haute-Saône).

Lavoirs à bras de Lieffrans.

Ordonnance du 21 janvier 1829, portant que les héritiers Parot-Lasaigne *ou leurs ayant droit sont autorisés à maintenir et à conserver en activité l'usine à fer située sur la rivière Labouchouse, au lieu dit* de Faye, *commune de Saint-Yriex* (Haute-Vienne), *et que la consistance de cette usine est et demeure fixée, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, en un haut-fourneau pour fondre le minérai de fer; deux feux d'affinerie; un marteau; un bocard et un patouillet.*

Usine à fer de Faye.

Martinet à fer d'Idron.

ORDONNANCE du 21 *janvier* 1829, *portant que le sieur* Laborde-Vergez *est autorisé à construire, conformément aux deux plans qui resteront joints à la présente ordonnance, un martinet à fer composé de deux feux et de deux marteaux, sur la rive gauche du ruisseau de Lousse, commune d'Idron* (Basses-Pyrénées).

Mines de plomb, argent et zinc de Pont-Péant.

ORDONNANCE du 21 *janvier* 1829, *portant concession des mines de plomb, argent et zinc de Pont-Péant* (Ille-et-Vilaine).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Il est fait à la dame Jeanne-Françoise Chantale de Crécy de Bréhan, aux sieurs Léon de Bréhan son fils et compagnie, concession des mines de plomb, argent et zinc de Pont-Péant, commune de Brutz, département d'Ille-et-Vilaine.

ART. II. Cette concession, dont l'étendue superficielle est de huit kilomètres carrés soixante hectares, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, est limitée ainsi qu'il suit :

A l'est, en partant de la porte de Bout-de-Lande, au point d'intersection de la route royale de Bordeaux à Saint-Malo, avec le chemin de Bout-de-Lande à Laillé, d'abord par ladite route royale jusqu'à son point d'intersection avec le chemin vicinal de Martigné à la Chapelle de Tellé; ensuite, à partir de ce point d'intersection, le chemin contourné de la Louardière jusqu'au village de ce nom, l'extrémité de la dernière ligne étant prolongée jusqu'à sa section avec la rive droite de la rivière de Seiche;

Au nord, par la rive droite de la rivière de Seiche jusqu'en face du chemin de Martigné à la Tapinais;

A l'ouest, par une suite de lignes partant de la rive droite de la Seiche, passant ensuite au pied de la ferme de la Tapinais, et bordant en dehors le chemin qui conduit

au village de Martigné; puis le prolongement du même chemin jusqu'au bourg de Laillé, ensuite le contour occidental dudit bourg, lequel, ainsi que le chemin précédent, est compris dans les présentes limites;

Au midi, par le contour sud et est du bourg de Laillé et par le chemin de Bout-de-Lande à Laillé, jusqu'au point de départ, ledit chemin étant également compris dans les présentes limites.

Ordonnance du 28 janvier 1829, portant que le sieur Masson *est autorisé à conserver et tenir en activité, conformément au plan joint à la présente ordonnance, les deux lavoirs à bras destinés au lavage du minérai de fer, qu'il possède dans la commune de Maizières, au lieu dit* La Vaivre, *sur le cours de la fontaine dite* de Vin (Haute-Saône).

Lavoirs à bras de Maizières.

Ordonnance du 28 janvier 1829, portant concession des mines de houille brune situées dans la partie septentrionale des territoires d'Agel et d'Aigues-Vives (Hérault).

Mines de houille brune d'Agel et d'Aigues-Vives.

(Extrait.)

Charles, etc., etc., etc.

Art. Ier. Il est fait aux sieurs Cordes et Vênes, sous le nom de concession de Cazelles, concession des mines de houille brune situées dans la partie septentrionale des territoires d'Agel et d'Aigues-Vives, département de l'Hérault.

Art. II. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de quatre kilomètres carrés vingt-six hectares, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance :

Au nord, par la partie de la limite méridionale de la commune de Pardailhan, comprise entre la ligne droite tirée d'Aigues-Vives à Saint-Jean, limite orientale de la concession des mines de la Caunette, et la limite commune des départemens de l'Hérault et de l'Aude;

A l'est, par la même limite départementale jusqu'au point d'intersection du ruisseau de Saint-Jean et du chemin de la Rouerne à Bize ;

Au sud-est et au sud, par une suite de lignes droites tirées de ce dernier point à la métairie de Saint-Hippolyte ; de cette métairie à Cazelles, au point de rencontre des deux chemins de Saint-Chinian et de Saint-Hippolyte à Cazelles, de Cazelles à Praguignan et de Praguignan à Cailhol jusqu'au point marqué M sur le plan, où cette dernière ligne croise celle d'Aigues-Vives à Saint-Jean, limite de la concession de la Caunette ;

A l'ouest, par la partie de cette limite, comprise entre le dernier point d'intersection et celui où elle traverse la limite de la commune de Pardailhan, point de départ.

[margin: lines de ...ille brune Aigues-Vives et d'Agel.]

ORDONNANCE du 28 janvier 1829, portant concession des mines de houille brune situées dans la partie méridionale du territoire d'Aigues-Vives et d'Agel (Hérault).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Il est fait aux sieurs Saisset et Boudet, sous le nom de concession d'Agel, concession des mines de houille brune situées dans la partie méridionale du territoire d'Aigues-Vives et d'Agel, département de l'Hérault.

ART. II. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de quinze kilomètres carrés quatre-vingt-seize hectares, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance :

Au nord et au nord-est, par des lignes droites menées d'une part, de Praguignan à Cailhol, jusqu'au point M, intersection avec la limite orientale de la concession des mines de houille de la Caunette ; d'autre part, de Praguignan à Cazelles, terminée au point de séparation des chemins de Cazelles à Saint-Chinian et à Saint-Hippolyte, de ce dernier point à la métairie de Saint-Hippolyte, et de Saint-Hippolyte au point d'intersection du ruisseau de Saint-Jean et du chemin de la Rouère à Roze, sur la limite départementale ;

A l'est, par la limite départementale, jusqu'au sommet de la montagne de Pellequier;

Au sud, également par la limite départementale, jusqu'à la Fontaine des Pauvres, point de rencontre commun aux limites des territoires d'Aigues-Vives, d'Aigue (Hérault) et de Mailhac (Aude);

A l'ouest, par la ligne droite tirée de ce dernier point au clocher d'Aigues-Vives, limite commune à la concession des mines de la Caunette, rive droite d'Aigue et d'Aigues-Vives, et par la ligne droite tirée d'Aigues-Vives à Saint-Jean, limite commune à la concession de la Caunette, rive gauche, jusqu'au point M d'intersection avec la ligne tirée de Praguignan à Cailhol, point de départ.

Ordonnance du 11 *février* 1829, *portant concession des mines de fer dites de Panossas, commune de ce nom* (Isère).

Mines de fer de Panossas.

(Extrait.)

Charles, etc., etc., etc.

Art. Ier. Il est fait à la veuve et aux héritiers Poulet concession des mines de fer dites de Panossas, existant dans la commune de ce nom, département de l'Isère, et limitée, ainsi qu'il suit, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance:

Au nord-est, à partir de l'angle nord-est de la maison Biset, par le chemin de Coutieu à le Lan-Grié, jusqu'à son intersection avec le chemin de Serres à Panossas;

Au sud, par le chemin de Serres à Panossas (à partir de la susdite intersection), jusqu'au point d'intersection des chemins de la Verpillière à Panossas et de Serres à Panossas;

A l'ouest, par une ligne droite tirée de ce dernier point d'intersection à l'angle nord-est de la maison Biset, point de départ.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de treize hectares.

Art. II. Dans le délai de trois mois, à partir de la date de la présente ordonnance, il sera posé des bornes sur tous

les points servant de limites à la concession où cette mesure sera reconnue nécessaire. L'opération aura lieu aux frais des concessionnaires, à la diligence du préfet et en présence de l'ingénieur en chef des mines, qui en dressera procès-verbal. Expéditions de ce procès-verbal seront déposées aux archives de la commune de Panossas et aux archives de la préfecture.

Mines de houille des Barthes.

ORDONNANCE du 11 février 1829, portant concession des mines de houille des Barthes, des Airs et du Feu, commune de Vergongheon (Haute-Loire).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Il est fait au sieur Sadourny aîné de Sellamines, tant en son nom qu'au nom des autres héritiers de feu Guillaume Sadourny, sous le nom de concession des Barthes, concession des mines de houille des Barthes, des Airs et du Feu, commune de Vergongheon, département de la Haute-Loire.

ART. II. Cette concession, dont l'étendue superficielle est d'un kilomètre carré quatre-vingt-sept hectares, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, est limitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au sud-ouest, à partir de la Croix de Bahut (intersection des chemins de Brassac à Brioude et de Vergongheon à Loubières) en suivant le dernier chemin ci-dessus jusqu'audit village de Vergongheon ;

Au sud-ouest encore, en suivant le chemin qui mène du village qui précède à Lempdes jusqu'à la rencontre du ruisseau de la Leuge ;

Au nord-ouest, de ce dernier point, en suivant le cours et la rive droite dudit ruisseau de la Leuge, jusqu'au chemin de Brassac à Brioude ;

A l'est, de cette dernière intersection, en suivant ledit chemin de Brassac à Brioude (limite de la concession de la Rampe), jusqu'à la Croix-Bahut, point de départ.

NOTICE GÉOGNOSTIQUE

Sur le bassin secondaire compris entre les terrains primitifs du Limousin et ceux intermédiaires de la Vendée;

Par M. le baron DE CRESSAC, Ingénieur en chef au Corps royal des Mines ;

Et M. MANÈS, Ingénieur ordinaire.

INTRODUCTION.

Délimitation. Le bassin secondaire dont nous nous proposons d'esquisser ici la constitution géognostique est limité à l'ouest par l'Océan, au nord-ouest par les terrains intermédiaires de la Vendée, au nord par les terrains craïeux de la Touraine et du Berry, au sud-est par les terrains primitifs du Limousin, enfin au sud et au sud-ouest par les terrains de craie de la Saintonge et du Périgord.

La plus grande longueur de ce bassin, prise du nord au sud, est d'environ 12 myriamètres, et sa plus grande largeur de l'est à l'ouest, de 13 myriamètres. (Voyez, Pl. III, la Carte géologique du bassin secondaire du sud-ouest de la France.)

Constitution physique. Tout ce pays offre des plaines assez uniformes, des coteaux peu entrecoupés, qui se terminent ou s'abaissent par des pentes assez douces. Une seule chaîne de collines le traverse du sud-sud-est au nord-nord-ouest. Cette chaîne se lie aux montagnes du Limousin; elle part des environs de Chabanais, va vers Charroux, Civray, Melle et Saint-Maixent, et de là vers Pouzauge, où elle se confond avec le plateau intermédiaire de la Vendée. Sa plus grande hauteur est vers Saint-

Martin-du-Fouilloux, où elle atteint au niveau de 130 à 150 mètres au dessus de la mer. Elle divise le bassin en deux parties, dont l'une a sa pente vers l'Océan et l'autre vers la Loire. Le versant méridional est arrosé par les petites rivières de la Sèvre-Niortaise et de la Boutonne, qui prennent leur source non loin de son faîte, et qui coulent l'une de l'est à l'ouest et l'autre du nord-est au sud-ouest; le versant septentrional donne naissance à la rivière du Clain, qui le traverse du sud au nord, ainsi qu'aux petites rivières de l'Auzance, la Vonne, la Dive et la Clouère, qui se dirigent généralement de l'est à l'ouest et vont se jeter dans le Clain.

Division en plaine et marais.

Le bassin ci-dessus est divisé par la nature en deux parties distinctes, dont chacune offre une physionomie particulière et bien prononcée, c'est à savoir le marais et la plaine.

Nature du sol du marais.

Le marais occupe sur les deux rives de la Sèvre-Niortaise une bande de 10 lieues de longueur et d'environ 2 lieues de largeur; son sol est formé d'un limon gras et d'une glaise bleuâtre absolument infertile, qui s'enfonce à une très grande profondeur. Ce marais est en partie desséché et en partie mouillé. Les premières parties se cultivent avec peine ou sont utilisées en prairies et pâturages; les dernières sont plantées en frênes et saules, qui produisent beaucoup de bois d'étant. Nulle part on ne voit de roches affleurer au jour, à l'exception des petites îles calcaires qui s'élèvent à plus ou moins de hauteur au dessus du sol et qui appartiennent à la formation de la plaine. Le séjour récent de la mer sur ces marais est d'ailleurs attesté par la présence de coquillages semblables à ceux de la côte voisine.

La plaine constituant le reste du bassin présente au jour trois genres de roches distinctes : 1°. des roches granitiques ou schisteuses dans les vallées et les bas-fonds ; 2°. des roches métallifères siliceuses ou silicéo-calcaires, qui s'observent surtout à la limite des terrains anciens du Limousin et de la Vendée; 3°. enfin des roches argilo-calcaires, qui sont extrêmement répandues partout.

Nature du sol de la plaine.

Les terrains silicéo-calcaires paraissent offrir une fertilité intermédiaire entre ceux de granite et ceux calcaires; meilleurs que les premiers, ils sont inférieurs aux seconds. On y cultive le seigle et le froment, mais on n'y fait venir que peu de vignes; encore le vin qu'on y récolte est-il toujours de médiocre qualité. Ces terrains sont d'ailleurs très propres à la culture des arbres.

Les terrains siliceux ou jaspoïdes sont généralement stériles, ils n'offrent partout que de vastes landes, où la bruyère croît à peine.

Les terrains argilo-calcaires sont au contraire très fertiles, ils produisent beaucoup de froment, d'orge et de maïs; leurs coteaux, graveleux ou pierreux, sont très bons pour la vigne.

La découverte de la formation métallifère, qui occupe une place si étendue dans ce bassin, est due à M. de Cressac, l'un de nous. En 1817 ou 1818, un de ses anciens fermiers, retiré dans le domaine qu'il possédait près de Sanxais, lui apporta un culot de plomb qu'il dit avoir fondu dans la forge de son maréchal, et avoir extrait d'une pierre trouvée dans l'un de ses champs. Ce métal, fondu et dégagé de toute gangue, attira peu d'attention, attendu qu'on savait que Sanxais avoisine les terrains granitiques, et qu'on pouvait présumer qu'il provenait de quelque filon. On

Historique de la découverte de la formation métallifère.

recommanda néanmoins à ce fermier de se procurer du minérai accompagné de sa gangue; ce ne fut qu'environ un an après qu'un de ses voisins satisfit à cette demande. M. de Cressac vit alors, à l'inspection des échantillons, que ce minérai ne faisait point partie d'un filon, mais était disséminé dans un calcaire. Il ne tarda point à aller visiter ce terrain, et reconnut qu'en effet il provenait d'une formation particulière silicéo-calcaire, qui était disposée en couches horizontales assez puissantes, reposant immédiatement sur le granite. De cette première observation, il conclut qu'une formation métallifère de cette nature devait s'étendre au loin et être très abondante en minérai dans quelques localités; qu'il ne s'agissait plus pour la retrouver que d'étudier le pays, de le parcourir en tout sens, et particulièrement d'examiner les passages du granite au calcaire : c'est ce que fit M. Cressac dans deux voyages exécutés en 1821 et 1822, et ce qui le conduisit à reconnaître la même formation dans les environs de Melle et de Saint-Maixent (1). Dans le même temps, M. Villain, qui lui avait témoigné le désir de se livrer à l'exploitation des mines, et qui avait reçu de lui toutes les indications nécessaires sur la formation de galène en couches, examinait dans la Charente les limites du terrain primitif et du calcaire, et la retrouvait successi-

(1) M. de Bonnard a visité avec M. de Cressac, en 1822, une partie des localités où se présente la formation métallifère dont il s'agit, et il a publié en 1823 une Notice sur cette formation, dans les *Annales des Mines* et dans le *Bulletin des Sciences de la Société philomatique*.

(*Note du Rédacteur.*)

vement aux Chéronies, près de Confolens, et à Alloue (1). Enfin, M. de Cressac, voyant s'étendre chaque jour davantage le travail qu'il avait entrepris, pria M. Manès, Ingénieur des mines de son arrondissement, de s'associer à lui pour poursuivre ses investigations : alors la formation métallifère fut observée en beaucoup d'autres lieux, comme Thiviers, Nontron, Saint-Benoît-du-Sault, Fontenay, etc....; alors aussi fut examiné avec soin l'ensemble des roches qui constituent le pays compris dans les limites indiquées plus haut, et c'est le résultat de toutes les excursions faites jusqu'à ce jour que nous présentons ici.

Cette formation a été exploitée par les anciens.

La formation métallifère paraît avoir été autrefois le sujet de vastes travaux. Ces travaux se voient encore sur deux points, à Alloue et à Melle : c'est surtout dans ce dernier lieu qu'ils sont très étendus et font penser à une exploitation suivie pendant un long laps de temps. Nous sommes, du reste, encore dans la plus grande incertitude sur l'époque à laquelle ils appartiennent : l'absence de tout indice de travail à la poudre prouve d'une manière incontestable que ces travaux sont antérieurs à son adoption dans les mines; le silence de la tradition doit aussi faire penser que ces exploitations remontent à un temps très reculé. Quelques personnes les ont attribuées aux Romains; mais nous pensons que

(1) M. Villain avait, dès 1795, reconnu des filons métallifères sur les bords de la Vienne près Confolens, filons sur lesquels MM. de Champeaux et de Cressac, alors Elèves des mines, firent un rapport à l'Administration des mines, et que M. de Bonnard, dans sa notice citée ci-dessus, croit devoir rapporter à la même formation que les couches métallifères des Chéronies. (*Note du Rédacteur.*)

si on pouvait admettre pour elles une aussi haute antiquité, il serait plus naturel de supposer qu'elles sont l'ouvrage des Gaulois plutôt que celui des Romains, qui n'occupaient les Gaules qu'en conquérans, et qui d'ailleurs, comme on sait, ne se sont que peu ou point occupés d'exploitation. Ce qui tendrait à nous confirmer dans cette idée, c'est ce que César dit des Gaulois au livre III, chapitre XXI de ses *Commentaires*. Il parle de leur habileté à miner la terre, et l'attribue avec raison à l'habitude qu'ils avaient d'exploiter des mines dans *beaucoup de lieux;* ce qui l'engageait à les préférer aux Romains dans les attaques des villes qu'il fallait miner. Voici ce passage :

Illi (Sotiates), aliàs eruptione tentatâ, aliàs cuniculis ad aggerem vineasque actis, cujus rei sunt longè peritissimi Aquitani, propterea quod multis locis apud eos ærariæ secturæ sunt, etc., etc.

Des anciens travaux d'Alloue.

Les anciens travaux qui ont été faits à Alloue (Pl. IV) paraissent l'avoir été à ciel ouvert et souterrainement : 1°. des traces d'anciennes tranchées se montrent depuis la Basse-Lande jusqu'à la Renaudie, et on peut considérer comme dus à la même cause les mouvemens de terrains qui se remarquent au bas de la Boissière et qui vont vers le prétendu camp des Romains; 2°. des travaux souterrains ont été reconnus sur le coteau des Montagris et sur celui de Beaumont. Sur le premier coteau, des traces de quatre vieux puits disposés sur une même ligne, des enfoncemens du terrain supérieur sur le versant ouest, des déblais répandus en abondance sur le versant est, et que n'avait encore recouverts aucune pelouse, étaient des preuves évidentes de ces travaux, qu'ont d'ailleurs traversés les nouvelles

fouilles exécutées au même lieu. A Beaumont, on ne voyait au jour aucun indice bien prononcé des anciennes exploitations, quoiqu'elles eussent cependant été beaucoup plus considérables que celles des Montagris : ce n'est que par les nouveaux travaux qu'on a reconnu ces dernières. Elles consistent en vastes galeries, qui s'étendent dans la direction du vallon de Loumède, qui présentent une suite de chambres dont la hauteur varie de $0^m,8$ à 2 mètres, et qui sont séparées les unes des autres par des massifs de 2 à 4 mètres d'épaisseur; en une galerie transversale inclinée, qui servait à l'écoulement naturel ou artificiel des eaux; enfin en plusieurs puits, percés sur la longueur et aboutissant au jour. Toutes les galeries sont voûtées, comme si elles avaient été pratiquées au moyen du feu; elles sont en grande partie comblées de déblais et argiles, dans lesquels on a trouvé quelques bois charbonnés, des pelles du genre de celles des charbonniers, des débris de poterie, mais aucun instrument de fer ou de cuivre. Elles présentent une développée de 150 mètres de longueur sur 6 à 8 mètres de largeur moyenne. Les puits sont un peu inclinés, quelquefois très rapprochés, toujours ronds et de 1 mètre de diamètre; ils paraissent avoir servi soit à rechercher le minérai, qu'on suivait ensuite par les galeries, soit à activer l'airage.

Les vieilles chroniques ne contiennent absolument aucun document sur l'ancienne exploitation d'Alloue; il n'existe non plus dans le pays aucune tradition qui puisse faire conjecturer à quelle époque elle était en activité. Il est probable toutefois que cette époque n'a pas dû être dif-

férente de celle pendant laquelle on a travaillé à Melle.

Il ne paraît point que la matière minérale d'Alloue ait alors été fondue, elle devait en effet présenter à la séparation du plomb contenu des obstacles invincibles, dans un temps où la métallurgie était encore fort peu avancée. On a bien attribué il est vrai, au traitement de ce minérai, les masses de scories qu'on observe au village de la Renaudie, près des ruines d'une ancienne usine sur la Charente; mais cette assertion est démentie par la nature même de ces scories, que M. Gillet de Laumont fils a trouvées composées ainsi qu'il suit:

Silice.	45,60
Chaux.	12,40
Alumine.	11,40
Oxide de fer et manganèse. . .	26,50
Perte.	4,10
	100,0

On trouve en outre avec ces scories des espèces de mattes en plaquis larges et minces, qui paraissent être des silicates de fer, et qui donnent de la fonte au creuset brasqué; et la composition des unes et des autres montre évidemment qu'elles proviennent du traitement des minérais de fer, si communs dans la contrée. De cette absence totale de preuves de fusion, dans les temps anciens, du minérai d'Alloue, on pourrait peut-être inférer qu'il était pulvérisé et employé à la couverte des poteries, et cette conjecture serait appuyée par la proximité de Benest qui, même du temps de César, était renommé pour ce genre

de fabrication. La petite étendue des excavations d'Alloue comparées à celles de Melle, et la grande quantité de minérai laissée à la sole et au faîte, seraient dans ce cas une suite du peu de pureté de la plus grande partie de ce dernier.

Des anciens travaux de Melle.

Les anciens travaux de Melle (Pl. V et VI) consistent en dix-huit galeries et plusieurs puits. Les galeries ont depuis $1\frac{1}{2}$m. jusqu'à 6 à 7m. de hauteur, suivant sans doute l'abondance du minérai dont toutes offrent encore des traces. Elles présentent un grand nombre d'embranchemens, de coupemens, de burcs et de chambres plus ou moins étendues. On pénètre encore dans quelques unes jusqu'à 100 et 150 mètres de développement. On assure qu'autrefois il y en avait qui étaient viables sur 300 et 400 mètres de longueur. On y observe dans plusieurs endroits du charbon de bois en assez grande quantité, et sur les parois de quelques chambres d'exploitation, des traces évidentes du feu. Tout le monticule sur lequel la ville a été bâtie est ainsi perforé de toutes parts. Un grand nombre d'anciennes galeries s'observent sur le coteau oriental de la Béronne; on en voit aussi quelques unes dans le vallon de la Légère, près des ponts de Mardre et de Saint-Léger; enfin outre ces galeries, il existait encore une infinité d'autres travaux qui ont été comblés et rendus à la culture. Dans quelques uns d'entre eux il semble qu'on ne pouvait pénétrer que par une issue qui demeurait fermée: d'où l'on pourrait induire que les anciens mettaient beaucoup d'importance à se cacher. Ce n'est, par exemple, que par un puits qu'on peut descendre dans les vastes excavations percées sous la ville même de Melle. Ce puits très étroit, circulaire, maçonné

et profond de 6 à 7 mètres, est placé dans un mur de la cour de madame veuve Boursier. Dans ce mur se trouve une ouverture en pierre de taille de $1^{m},33$ de haut environ sur $0^{m},66$ de large, et autour de cette ouverture est une feuillure destinée à recevoir une porte, et c'est sous cette espèce d'armoire qu'est le puits.

Au nord-ouest et à un quart de lieue de la ville, on voit des tas énormes de déblais formant un monticule considérable, connu sous le nom de montagne de Saint-Pierre. Ces déblais proviennent nécessairement de l'ancienne exploitation, car ils sont entièrement semblables aux remblais qu'on voit dans les excavations qui s'étendent sous la ville, et contiennent comme ceux-ci des traces de minérai. Nous n'avons pu parvenir à découvrir les orifices des puits dont on doit supposer qu'ils sont sortis pendant un temps qui a dû nécessairement être très long. Ils paraissent trop éloignés des galeries connues pour qu'on puisse penser qu'ils en proviennent; mais comme tout ce pays paraît avoir été miné, il est possible qu'ils soient dus à des fouilles dont les orifices auront été comblés depuis.

Il est remarquable qu'on ne trouve, aux environs de Melle, aucune trace de scories. Les minérais ont dû cependant être traités sur les lieux mêmes, car dans un cimetière situé près l'ancien monastère de Saint-Hilaire, on a trouvé dans un grand nombre de tombeaux en pierre calcaire des creusets placés près des squelettes humains. Ces creusets avaient sans doute été mis ainsi, suivant l'usage des anciens, dans les tombes des fondeurs morts pendant le temps de l'exploitation, comme un de leurs attributs. Un creuset était

placé dans chaque tombe, près de la tête, dans une cavité pratiquée sur un petit socle destiné à le recevoir. Quelques uns de ces creusets étaient neufs, d'autres avaient déjà servi à la fusion. De tout cela on peut conclure que dans ce temps il y avait des fondeurs à Melle. On pourrait croire aussi que le traitement du minérai y avait lieu dans la mine même, ainsi que son traitement ultérieur : ceci paraîtrait en effet résulter et du grand secret que les anciens semblaient mettre dans leurs travaux, et des débris de balanciers et autres ustensiles pour frapper la monnaie qu'on voyait encore il y a trente ou quarante ans dans la mine qui s'étend sous la ville, enfin des quantités considérables d'épingles qui ont été trouvées dans cette même mine. Ce fut en faisant défricher un emplacement pour en faire un jardin que le propriétaire d'une maison située dans une rue qui portait autrefois le nom de l'Epinglerie trouva cet amas d'épingles. De ce dernier fait on pourrait induire encore que le zinc qui était contenu dans la mine de Melle était converti autrefois en laiton, puis en épingles. Mais ne semblerait-il pas que pour que les produits d'une manufacture se soient ainsi perdus dans la terre en aussi grande quantité, il faudrait que la cause qui a déterminé la destruction de l'établissement ait été subite et violente; car lorsqu'on suspend une fabrication, on n'en vend pas moins pour cela les produits fabriqués : d'où il serait permis de conjecturer que l'exploitation des mines et la fabrication des épingles ont dû leur abandon, ainsi que l'obscurité dont leur histoire est enveloppée, à un événement imprévu et destructeur,

tel qu'une invasion, un pillage et une disparition totale de ceux qui se livraient à ces travaux.

Les vieilles chroniques, sans indiquer d'une manière précise l'époque de l'exploitation des mines de Melle, ne gardent pas cependant sur cette exploitation le même silence que sur celle d'Alloue.

1°. Dans une réponse à une série de questions adressées, en août 1778, aux officiers du siége royal de Melle, par l'intendant du Poitou, et qui furent par lui envoyées à la chancellerie à Paris, on trouve ce qui suit :

« La ville et baronnie de Melle est d'une anti-
» quité si reculée, qu'on ne peut trouver les titres
» de sa création. Cette ville est plus ancienne que
» l'établissement de la monarchie française; on
» lit dans les *Annales d'Aquitaine*, par Bouchet,
» chapitre XVI, qu'elle existait sous la première
» race de nos rois, qu'elle était considérable et
» ville forte; que saint Pien, vingt-huitième évê-
» que de Poitiers, était allé dans la ville de Melle
» pour visiter les églises dudit lieu, y mourut
» l'an 564, et que son corps y repose. La ville de
» Melle était dès lors du domaine de la couronne;
» nos rois y avaient un château-fort et y faisaient
» battre monnaie. »

2°. On voit, par une ordonnance du roi Charles-le-Chauve, qui fut faite au parlement de Piltes, le 7 des calendes de juillet de l'an 854, le vingt-cinquième de son règne, qu'il supprima beaucoup de ses monnaies, pour ne laisser subsister que celles qui se battaient dans ses palais à Narbonne, à Melle en Poitou, etc. Voici ce passage :

Sequentes consuetudinem predecessorum nostrorum, sicut in illorum capitulis invenitur, constituimus ut in nullo loco alio, in omni regno nostro, moneta fiat nisi in palatio nostro et in Quintovico ac Rotomago (quœ moneta ad Quintovicum ex antiquâ consuetudine pertinet) et in Rhemis et in Senonis, et in Parisio, et in Aurelianis, et in Cavillonao, et in Metullo, *et in Narbonâ.*

Le père Sirmond, dans ses notes sur cet édit, prétend que ce *Metullum* est aujourd'hui Melle en Poitou, lequel se nomme *Mellum*, et qui selon lui s'appelait *Metullum*. Henri de Valois est aussi de ce même sentiment.

M. Leblanc dit, à ce sujet, qu'on trouve dans les auteurs de ce temps-là *Metallum* et *Metullum*, et même *Metullo* et *Metallo*, pour marquer le même lieu, et M. de Cressac possède quelques pièces de monnaie trouvées à Melle, sur lesquelles on voit au revers ces deux inscriptions.

Ces dénominations de la ville de Melle ne viendraient-elles point des mines qu'on y connaissait? nous serions d'autant plus porté à le croire que Μεταλλον ou *Metallum fodina* signifie mine, et qu'on sait que, lorsque les Romains condamnaient aux travaux des mines, l'arrêt portait *ad Metalla*, même lorsque les condamnés travaillaient dans des carrières de marbre.

3°. M. de la Fontenelle de Vandoré, conseiller à la cour royale de Poitiers, a recueilli un vieux titre qu'il a bien voulu nous communiquer, et par lequel on voit que la concession des mines de Melle, qui alors s'appelait une commission, a été demandée et accordée en 1603. Ce titre s'est trouvé dans les papiers de Duplessis-Mornay, à qui sans doute il avait été octroyé, et qui de sa

main avait écrit au dos ces mots : *Commission pour les mines de Saint-Maixent;* ce qui pourrait porter à croire qu'autrefois les mines de Melle étaient une dépendance de celles de Saint-Maixent. Il paraît certain du reste que cette commission n'a point eu d'effet : nous fondons cette opinion 1°. sur ce que dans la commission le nom du titulaire, qui devrait se trouver deux fois dans l'acte, est resté en blanc; 2°. sur ce que l'on ne voit aucune trace de travail à la poudre dans aucune des galeries, et que le mode d'exploitation est le même dans tous les travaux que nous avons parcourus, d'où il est permis de conjecturer que les travaux sont tous à peu près de la même époque; 3°. parce que depuis deux cent vingt ans il n'est pas présumable que le souvenir ne s'en fût pas perpétué par tradition parmi les habitans de Melle, qui n'ont aucune idée de ce fait; 4°. enfin parce que l'on en trouverait quelques traces dans les archives de la justice seigneuriale ou municipale, ce qui n'a pas lieu. Voici d'ailleurs, dans les mêmes termes et la même orthographe, la copie du manuscrit original.

De par nous Jehan de Villemvau, conseiller du Roi en son parlement de Paris, et lieutenant-général des mines et minières de France.

Sur la requête à nous faite par
que près de la ville de Melle en Poitou il y a une mine de plomb tenant argent, qu'il ferait volontiers travailler, aiant pouvoir de le faire; nous, pour ne retarder en rien l'utilité qui en peult revenir à Sa Majesté et au public, avons permis et permetons audit de faire fouiller et descouvrir, ouvrir et travailler ladite mine, à la charge de rapporter dans trois mois prosès ver-

baulx contenans l'état de l'ouverture et qualité de ladite mine, auvques les essais qui en auraient été faits, et les échantillons pour sur iceulx lui être pourveu de commissions nécessaires. Mandons aux officiers des lieux de lui tenir la main, et défenses à toutes personnes de lui apporter aucuns empeschemant.

Faict à Nuillé ce xc octobre 1603.

Des divisions établies dans cette notice.

Après cet aperçu général des faits géologiques et historiques que présente l'étude du bassin secondaire du sud-ouest de la France, nous allons entrer dans le détail des diverses observations géologiques que nous y avons faites à diverses reprises. Nous traiterons, dans une première partie, de l'examen des roches qui s'appuient immédiatement sur les terrains anciens du Limousin; dans une seconde partie nous ferons connaître les diverses roches qui s'appuient sur les terrains anciens de la Vendée; dans une troisième partie, nous décrirons celles qui occupent le centre du bassin; enfin, dans une quatrième et dernière partie, nous présenterons un résumé des faits décrits et un essai de classification des divers étages observés.

PREMIÈRE PARTIE.

Des roches secondaires situées à la limite des terrains anciens du Limousin.

1°. Environs de Thiviers.

Lorsqu'on parcourt la route de Limoges à Périgueux, on suit le terrain primitif jusqu'à une lieue environ au delà de la Coquille (Pl. IV); on trouve alors une plaine landeuse assez étendue, qui est couverte d'un gravier contenant beaucoup de fragmens de quartz et quelques uns de gneiss.

Au point où se termine cette plaine, on commence à voir la petite ville de Thiviers, dont on n'est plus séparé que par un vallon assez profond : c'est dans cet intervalle qu'a lieu le passage au terrain secondaire. On remarque d'abord, en descendant, des affleuremens d'un schiste argileux, disposé en couches inclinées de 60 à 70 degrés au nord, et traversé d'un grand nombre de veines de quartz et de schiste carburé; quelques pas plus loin, ces schistes disparaissent et font place aux roches secondaires, qui s'étendent, sans interruption, jusqu'à mi-chemin de Périgueux. Là, d'ailleurs, on observe un changement notable dans la végétation et l'aspect du sol; le pays n'est plus aussi montueux, les coteaux se prolongent à de grandes distances, présentant partout des plateaux unis, qui se terminent comme par étages et qui sont couverts de riches moissons.

Le terrain de schiste argileux qui se suit au loin, à l'est de Thiviers, ne va point à l'ouest au delà du Suquet; dans l'intervalle, il se montre à nu dans les petites vallées arrosées par la Colle. A Lagrange, près Saint-Romain, il tient des bancs de jaspe, et passe à des diorites schistoïdes, dans lesquelles se trouve un banc de serpentine; au Suquet, c'est une roche de granite et de gneiss qui paraît, et sur laquelle doit reposer la diorite altérée qu'on trouve au fond des travaux faits en ce lieu. Le terrain secondaire qui recouvre immédiatement ces roches primitives ou intermédiaires se compose de grès blanc, d'arkose et calcaire magnésifère, de jaspes et argiles.

Le grès forme le fond du vallon de Thiviers : ce grès, de composition assez homogène, est

quartzeux, sans ciment apparent; la grosseur de ses grains varie de celle d'un pois à celle d'une tête d'épingle; il contient quelques grains de feldspath blanchâtre et quelques paillettes isolées de mica argentin; il est disposé en bancs de $0^{m}75$ à 1^{m} d'épaisseur, qui s'inclinent légèrement vers le sud: on l'exploite, sur quelques points, pour pierres de construction; il s'élève jusqu'à une assez grande hauteur sur le coteau du sud; il semble d'ailleurs s'enfoncer à une assez grande profondeur, car un puits qu'on creusait au bas de la ville, pour chercher des sources, était déjà parvenu au niveau de 13 mètres sans l'avoir traversé. Il se montre, en outre, sur les deux bords de la rivière de Colle, immédiatement superposé aux schistes argileux et siliceux, ainsi qu'au village du Suquet, recouvrant la diorite altérée. Ce grès n'a point les caractères du grès bigarré, qui sont d'être micacé, marneux et bariolé; ce n'est pas non plus le grès houiller, en couches fortement inclinées de Brives: ce ne peut donc être que le grès blanc (quadersandstein), et en effet il se rapporte parfaitement à celui décrit ordinairement sous ce nom.

L'arkose se montre tantôt sous la forme d'un grès arénacé, grisâtre, formé de grains de quartz hyalin gris et de feldspath laminaire ou kaolinique blanchâtre, empâtés dans un ciment fin, de nature quartzo-micacée, qui, dans quelques unes de ses parties, fait une légère effervescence avec les acides. Dans cet état, elle tient quelques pétrifications des genres bélemnites (*B. apicicurvatus*) et pectinites (*P. equivalvis*), et renferme quelques géodes siliceuses et quelques veines de ba-

ryte sulfatée. Tantôt cette arkose se présente sous un aspect compacte et homogène, de couleur jaunâtre, formée alors d'un calcaire magnésifère, parsemé de quelques grains de quartz et paillettes de mica, et traversé de veines et géodes de calcaire cristallin blanchâtre : c'est alors une sorte de macigno, dans lequel on trouve quelques pectinites (*P. equivalvis*) et quelques térébratulites ; tantôt enfin elle passe à une roche siliceuse, compacte et grisâtre. Cette arkose (grès, macigno ou quartzite) se voit de part et d'autre du vallon de Thiviers; sur le coteau où est située la ville, elle apparaît dans le chemin qui mène à Corgnac; sur le coteau opposé, on la voit au bas de la métairie de Bel-Air, venant s'adosser aux schistes argileux, et à la hauteur du Penassou, formant des bancs puissans, qu'on exploite pour meules.

Le calcaire est compacte, gris blanchâtre, à cassure terreuse et dendrites manganésifères nombreuses; ou saccharoïde, composé de petits rhomboèdres accolés les uns aux autres, à aspect rude et reflets plus ou moins nacrés; ou enfin oolitique, composé de petits grains arrondis, de la grosseur d'un grain de millet. Tous font une lente effervescence et sont plus ou moins magnésifères; une analyse rapide nous a donné pour composition des dolomies de Corgnac et de St.-Jean-de-Colle :

Carbonate de chaux.......	50	100.
Carbonate de magnésie....	45	
Résidu insoluble.........	5	

et pour celle du calcaire oolitique

Carbonate de chaux.......	64	100.
Carbonate de magnésie. . .	31	
Résidu insoluble	5	

Ces divers calcaires peuvent s'observer quand on descend des hauteurs du Penassou vers le ruisseau qui coule dans le vallon de Thiviers.

Le calcaire compacte dendritique est très puissant, il constitue en grande partie le plateau que domine cette ville; il y forme, sur 10 mètres environ de hauteur, des bancs de $0^m,15$ au plus de puissance; on l'exploite en plusieurs lieux pour servir de fondant aux forges voisines, et il a reçu pour cette raison, dans le pays, le nom de calcaire castinier.

Le calcaire saccharoïde ou dolomitique forme quelques bancs dans ce dernier, soit au dessous du Penassou, soit vers Corgnac, et tient quelques fossiles des genres bélemnites et gryphites. A Saint-Jean-de-Colle, ce même calcaire occupe le niveau de la vallée et renferme un banc de 2^m de puissance, dans lequel se trouvent une grande quantité de gryphites (*gryphæa obliqua*), il est surmonté d'un calcaire cristallin, à cavités remplies de cristaux calcaires, au dessus duquel reposent les argiles à fer et à manganèse.

Enfin le calcaire oolitique, caractérisé par les fossiles (*nucules?*) qu'il contient ordinairement, est également lié au calcaire castinier de Thiviers; il forme en outre, sur les schistes primitifs ou intermédiaires de Lagrange, des bancs très coquilliers, que recouvre un banc de macigno, à aspect compacte et jaunâtre, semblable à celui décrit précédemment, et auquel sont superposés des argiles à fer et à manganèse, et un banc de poudingues quartzeux.

Cette formation d'arkose et de calcaire, dans laquelle on trouve quelques uns des fossiles de la partie supérieure du lias, se trouve comprise

entre un grès que nous avons dit être le grès blanc, et des jaspes qui appartiennent, ainsi que nous le verrons bientôt, à l'étage inférieur du calcaire oolitique; cette formation correspond donc parfaitement à l'assise supérieure du calcaire à gryphites.

Le terrain argilo-siliceux, qui partout aux environs de Thiviers recouvre celui d'arkose et de calcaire décrit ci-dessus, se compose de couches puissantes d'argiles bleuâtres ou blanchâtres propres à faire de la tuile et de la brique, et de jaspes compactes et conchoïdes, ou grenus et hématoïdes. Cette formation contient, disséminées, des masses de fer oxidé rouge ou de manganèse oxidé noir compacte. On remarque que ce dernier se trouve principalement sur les points où abondent les jaspes et les argiles jaunes; au Suquet, par exemple, sur les diorites altérées qui recouvrent les roches de granite et de gneiss de cette partie, se trouve un grès qui n'a pas plus de $1^{m},5$ d'épaisseur, et dans lequel M. Lanoue a observé quelques nucules; puis, immédiatement au dessus, une formation siliceuse, composée de hornstein noirâtre et jaspe jaunâtre, avec argile également jaunâtre : le jaspe contient quelques veines de baryte sulfatée, et quelques pétrifications difficiles à déterminer.

A cette même roche, ainsi qu'au hornstein, se trouvent associés du manganèse oxidé et quelques particules de galène à grains d'acier; mais c'est surtout dans l'argile jaunâtre qu'est contenu, en grande abondance, le manganèse oxidé noir compacte, qui fait le sujet d'une exploitation suivie depuis plusieurs années. Le terrain argilo-siliceux n'est point recouvert près de Thiviers, ou

ne l'est que par des poudingues quartzeux provenans des débris des roches anciennes du voisinage. L'existence bien constatée de fossiles, dans les couches qui le composent, suffit d'ailleurs pour faire penser qu'on ne doit pas le ranger dans la classe des alluvions, ainsi qu'on l'a fait jusqu'ici.

Les calcaires de l'étage inférieur de l'oolite commencent à paraître à une demi-lieue au sud de la ville, et vont jusqu'à Sorges, où ils sont immédiatement recouverts par la craie grossière à gryphée auriculaire et à ichthyosarcolites. Ces calcaires sont composés de couches alternantes de calcaire subgranulaire, blanc grisâtre, à cassure terne, de calcaire oolitique à grains fins, et de calcaire blanc à cassure unie. L'oolite est formée de sphéroïdes, de la grosseur d'une tête d'épingle à celle d'un pois, séparés entre eux par un ciment de calcaire translucide blanchâtre ou jaunâtre : tous ces sphéroïdes, examinés à la loupe, offrent dans leur cassure une masse de calcaire compacte translucide ayant souvent au centre un noyau cristallin, mais point de traces de couches concentriques; ils disparaissent quelquefois à la surface de la roche, et il ne reste plus alors qu'une masse poreuse d'apparence singulière.

2°. Environs de Nontron (Pl. IV).

La petite ville de Nontron est, ainsi que celle de Thiviers, placée à la limite du terrain primitif et du terrain secondaire; mais elle offre, avec cette dernière, cette différence que le terrain de lias n'y est pas entièrement de même nature, qu'il n'occupe qu'une très petite étendue, et qu'il est sur-le-champ recouvert de calcaire oolitique. De cette différence en résulte une dans l'aspect du pays, le passage du terrain primitif au terrain secon-

daire est en effet plus marqué : au nord-est du Bandiat, on voit un pays montueux, aride et couvert de châtaigniers; au sud-est, au contraire, le pays est découvert, les collines sont arrondies, couvertes de vignes et de la plus belle végétation.

Le terrain de granite et de gneiss que nous avons vu apparaître au village du Suquet s'étend vers Nontron, en passant au nord de Milhac et de Saint-Pardoux-la-Rivière : de là il se dirige ensuite vers le Bourdeix et Bussière-Badil. Ce terrain forme les escarpemens du Bandiat autour de Nontron, il se montre aussi à nu dans tous les vallons qui séparent Nontron de St.-Martin-le-Peint.

Le gneiss est surtout très abondant au bas de Nontron, sur les deux rives du Bandiat; le granite se voit sur la route d'Angoulême, sur les hauteurs au nord-est de la ville, et près de St.-Martin. Sur la route d'Angoulême, ce granite est à grains moyens, formé de quartz hyalin blanc grisâtre, de feldspath laminaire blanc jaunâtre, et de mica lamellaire noirâtre; le quartz et le feldspath y sont intimement et également mélangés, le mica y est en plus petite proportion. Au nord de Nontron, non loin de la route qui mène à Chalus, ce granite contient un banc de pegmatite à grains fins, composée de quartz gris et feldspath blanc grenu, dans lequel on voit quelques nids disséminés de tourmaline fibreuse noirâtre. Le granite de Nontron et celui de St.-Martin sont d'ailleurs traversés de filons de plomb sulfuré avec gangue de baryte sulfatée. A Nontron, ce ne sont que quelques minces filets de peu d'importance; à St.-Martin, c'est un filon puissant de

1^{m},5 environ, sur lequel on a fait quelques travaux qui ont eu peu de succès.

Le granite de Nontron est immédiatement recouvert d'une roche porphyroïde, à base de quartzite compacte et à grains de quartz hyalin qui se détachent du fond; elle fait dans plusieurs parties une légère effervescence avec les acides et se rapproche par là des macignos; elle tient, disséminées dans sa masse, quelques parties laminaires de baryte sulfatée blanche, ainsi que des veines d'argile micacée; la baryte y forme en outre des veines suivies, dans lesquelles se voit de la galène cubique en plus ou moins grande quantité; enfin on y trouve un grand nombre de pétrifications de modioles, nérinées, nucules? et mélanies? tandis que la baryte sulfatée tient quelques baguettes d'oursin formées de cette même substance.

Le quartzite porphyroïde prend par altération la texture grenue; il est alors formé d'une masse poreuse friable, jaune rougeâtre, et de grains de quartz anguleux gris hyalin; et à cet état comme à celui porphyroïde, il tient de la baryte sulfatée et du plomb sulfuré.

Au dessus de St.-Thomas, cette roche est immédiatement recouverte d'une arkose en bancs peu inclinés au sud, ou grès à grains de quartz hyalin et de feldspath kaolinique. Ailleurs, ce grès repose sur les roches primitives, et contient des parties charbonneuses et quelques empreintes de roseaux.

Le quartzite est peu étendu aux environs de Nontron; il ne se montre que sur un petit nombre de points entre Saint-Thomas et Savignac, sur la rive droite du Bandiat. Il est immédiatement

recouvert d'un terrain d'argiles schisteuses noires, grès psammitique, argile rouge ou blanche avec minérai de fer, et jaspes et argiles jaunes, avec minérai de manganèse. Dans l'argile schisteuse qui forme toujours la partie inférieure, on a trouvé beaucoup de pyrites, des sulfures de zinc et de plomb, quelques parties de gypse cristallin, et des dépôts plus ou moins abondans de fer oxidé rouge. Les jaspes sont ou compactes et conchoïdes jaunâtres, ou argiloïdes plus ou moins décomposés, ou oolitiques, et tenant beaucoup de pétrifications de trigonies (*Trigonia duplicata*), et ceux argiloïdes sont souvent accompagnés de manganèse oxidé noir compacte. C'est enfin dans les argiles ferrugineuses ou jaspoïdes de cette formation, que se trouvent disséminés en rognons qui atteignent rarement la grosseur du poing, 1°. à Chantres, la nontronite ou bisilicate à base de protoxide de fer, d'alumine et de magnésie, dont la couleur est le jaune paille ou le jaune serin un peu verdâtre, la texture compacte, la surface onctueuse, et la cassure inégale et mate; 2°. près de Nontron, l'halloysite ou hydro-silicate d'alumine blanc pur ou blanc grisâtre, à cassure conchoïde et céreuse; 3°. enfin en plusieurs lieux, le silicate rose de manganèse.

A l'est de Nontron, rien ne sépare la formation de fer et manganèse de celle du quartzite; à l'ouest, au contraire, il paraît y avoir entre ces deux formations un calcaire cristallin à cavités nombreuses, lequel a une surface rugueuse, est accompagné de beaucoup d'argile, et formé en grande partie de boules fibro-laminaires radiées. Lorsqu'on examine de plus près ce dernier, on voit qu'il n'est point continu, qu'il ne

se présente que par places isolées, et qu'il est lié aux argiles de la formation de fer et manganèse, dans lesquelles il est disposé par grandes masses disséminées.

Sur la route de Nontron à Mareuil, on retrouve ce même calcaire cristallin reposant immédiatement sur les gneiss de Saint-Martial, et surmonté des roches suivantes, qui forment des bancs légèrement inclinés au sud : 1°. un calcaire à polypiers (*coral-rag*), compacte, blanchâtre, distinctement stratifié, qui passe à un calcaire compacte et oolitique avec térébratules lisses, peignes et vis; 2°. sur ce dernier, une petite couche de marne schisteuse noire à empreintes charbonneuses, que recouvre une oolite finement grenue, dont on se sert pour la bâtisse, et un calcaire compacte non coquillier; 3°. un nouveau calcaire cristallin et un calcaire subgranulaire, avec térébratules à côtes, aplaties sur le côté; 4°. un banc de sable et argile rougeâtre, avec fer hydraté; 5°. un calcaire subgranulaire blanc à polypiers, et une oolite grossière, à grains pisolitiformes de la grosseur d'un œuf et plus, qui sont empâtés par un ciment à texture compacte et dans laquelle on trouve quelques turritelles; 6°. enfin une formation de sables, grès bariolés, argile schisteuse, silex coquilliers, et minérais de fer hydraté; celle-ci occupe les communes de Lussas, Saint-Front-les-Champniers et Saint-Angel, et s'étend jusqu'au terrain de craie, dont la limite passe un peu au nord de Brantôme et de Mareuil. Près de Lussas, sur la route de Mareuil, on y voit quelques excavations superficielles, d'où on tirait, il y a peu de temps, des minérais pour les forges voisines. Près

de Saint-Angel, sur la route de Brantôme, des quantités considérables de scories sont disséminées dans les champs, qui servent aujourd'hui à ferrer la route, et qui indiquent qu'autrefois cette formation alimenta plusieurs forges à bras. Dans les sables, qui en forment le principal membre, on trouve près de Saint-Angel des bancs de silex à hyppurites, et près de Mareuil des silex disséminés avec térébratulites, pectinites et des nids de gryphites (de la craie). Ce terrain n'est jamais recouvert, tandis que près de Nontron il est superposé aux oolites décrites ci-dessus; il recouvre près de Saint-Sulpice une roche sableuse argilo-micacée, qui semble correspondre à la craie-tufau; il a d'ailleurs de grands rapports avec les sables qui recouvrent les terrains de craie blanche près de Dignac et de Monsec, et semble en être le prélude.

A Saint-Martin-le-Peint, on ne voit de traces de quartzite que près du filon qui traverse le granite; il consiste là en un mélange de baryte sulfatée et de quartzite porphyroïde compacte, qui tient de la galène et de la blende. Avec cette dernière, M. Lanoue a observé, pour la première fois, du cadmium sulfuré jaune. Ce quartzite est immédiatement recouvert d'un macigno gris brunâtre, à texture finement grenue, dans la masse duquel on distingue quelques lamelles de mica et quelques grains de quartz hyalin. Celui-ci, assez fortement effervescent, est disposé en bancs à peu près horizontaux, et traversé d'un grand nombre de petits filons de baryte sulfatée analogues à ceux qui pénètrent le granite, et qui, comme ceux-ci, tiennent un peu de plomb sulfuré. Au dessus vient un calcaire cristallin sem-

blable à celui de Nontron, puis quelques indices de jaspe qui paraissent supérieurs à ce calcaire, et qui tiennent des minérais de fer ; enfin, à Oradour, se montre un calcaire oolitique, à grains fins, qui domine toute la formation.

Aux environs de Milhac de Nontron, on trouve, dans le fond de la vallée, des bancs à peu près horizontaux de dolomie, recouverts par un calcaire cristallin, au dessus duquel sont les grès sableux et argiles bigarrées de la formation de fer et manganèse. Ceux-ci abondent à l'est et à l'ouest de Milhac, et sont bientôt remplacés par un calcaire oolitique à grains fins de l'étage inférieur. Près Milhac, on trouve d'ailleurs, sur une des sommités voisines, ce dernier recouvert par une craie grossière à ichthyosarcolite, gryphæa columba et huître vésiculaire.

Si nous résumons les observations faites aux environs de Nontron, nous verrons que le quartzite de ce lieu, l'arkose de Saint-Thomas, le macigno de Saint-Martin-le-Peint, et les dolomies de Milhac, qui ont tant de rapports aux roches d'arkose et de calcaire des environs de Thiviers, et qui, comme celles-ci, sont placées sous les jaspes argilo-ferrugineux, appartiennent sans doute aussi à la partie supérieure du lias. Quant à la formation de jaspes et argiles avec fer et manganèse, sa position entre la précédente et des calcaires oolitiques qui appartiennent évidemment à l'étage moyen, la tendance des jaspes à la structure oolitique, et la nature des fossiles que ceux-ci contiennent, nous montrent dans cette formation le représentant de l'étage inférieur. Le terrain sablo-ferrugineux qui recouvre les

calcaires de l'étage moyen paraît d'ailleurs devoir être rapporté à la craie inférieure.

3°. Environs de Montbron.

Le terrain primitif que nous avons suivi jusqu'à Bussière-Badil se dirige de ce point vers Vitrac, en passant au nord d'Ecuras, et allant de là par la Grelière, l'Arbre et Ecossas. Dans cette partie, dominent des schistes argilo-micacés jaunâtres, qui alternent avec des schistes carburés noirâtres, et sont traversés par des filons nombreux de quartz hyalin blanc. Aux environs de Montbron, dans quelques points de la vallée de la Tardoire, et sur les bords des ruisseaux affluens, mais recouverts alors de roches secondaires, se montrent encore des roches de granite et de gneiss dans le petit vallon où coule le ruisseau de Rouzède, à un quart de lieue environ du château de Menet ; ces dernières sont traversées par un filon de plomb avec gangue de quartz et argile jaunâtre. Ce filon donna lieu, il y a soixante ou quatre-vingts ans, à quelques travaux qui ont été abandonnés peu après ; déjà cependant on avait construit une usine où plusieurs fontes ont été faites, on en voit encore les ruines.

Près de Menet, les roches primitives sont immédiatement recouvertes d'un calcaire jaune compacte, dendritique, à cassure terreuse et argileuse, lequel forme des bancs horizontaux de $0^m,15$ à $0^m,35$ de puissance, et qui est exploité sur quelques points pour servir de fondant aux forges voisines. A Ecuras et la Grelière, nous avons vu, au contraire, ces roches séparées par une formation d'un grès (arkose) qu'on exploite dans le premier lieu pour pierres d'ouvrage des hauts-fourneaux.

Lorsqu'on remonte de Menet à Montbron,

on trouve d'abord, au niveau de la Tardoire, un calcaire gris brunâtre, scintillant, avec bélemnites (*B. apicicurvatus*), veines de baryte sulfatée, et géodes nombreuses remplies de cristaux dodécaèdres de chaux carbonatée. Celui-ci, entièrement analogue au macigno de Saint-Martin-le-Peint, est recouvert ensuite soit d'une formation d'argile avec fer hydraté, laquelle est accompagnée de calcaire cristallin fibreux radié et de silex en rognons tuberculeux, soit, comme sur la rive droite de la Tardoire, d'une formation siliceuse en couches presque horizontales, composée de silice compacte et poreuse, gris blanchâtre, et de jaspe jaunâtre compacte à cassure plane, qui se suit jusqu'à Saint-Sornin et Marillac. Enfin, à la hauteur de Montbron, est un calcaire subgranulaire (*coral-rag*) à polypiers et bélemnites, lequel passe à un calcaire compacte et à une oolite à grains fins, qui se suivent jusqu'à Marton. Là sont des couches alternantes d'oolite fine et d'oolite grossière, et dans celle-ci quelques pectinites et térébratulites. Ces dernières s'étendent jusqu'aux environs des Granges, de Rougnac, Beaulieu, Cers et Garac, où commence le terrain de craie. Dans l'espace qu'elles occupent, se trouvent un grand nombre de dépôts d'argile avec fer hydraté, qui leur sont sans doute contemporains et qui fournissent abondamment des minérais aux forges de la Charente et de la Dordogne. L'argile est blanche, jaune ou rouge, généralement glaiseuse ou faisant pâte avec l'eau, et épaisse de 5 à 40 mètres. Les variétés rouge et jaune doivent également leur teinte au fer; les jaunes annoncent cependant plus particulièrement la présence de ce minérai. La variété

blanche est très réfractaire et serait fort utile si elle était plus abondante. Le fer est contenu dans la partie inférieure de l'argile et disposé par veines irrégulières, qui se suivent ordinairement à un même niveau ; ce minérai est hydraté, compacte, brunâtre, à poussière jaune, ou mamelonné géodique; il rend de 35 à 45 pour 100, d'une fonte très douce et très propre au moulage, s'exploite à ciel ouvert ou souterrainement, selon la profondeur à laquelle il se trouve, par excavations irrégulières de 3 à 5 mètres de bas, ou par puits de 20 à 40 mètres de fond, et par galeries irrégulières peu étendues : on le recherche surtout dans les communes de Feuillade, Charas, Meinzac et Beaulieu.

Près Varaignes, se montre au milieu du terrain calcaire une proéminence de granite, autour de laquelle est venu se déposer un calcaire dolomitique, mélangé de grès siliceux, avec baryte sulfatée; puis un calcaire cristallin, auquel succèdent immédiatement les roches de la formation oolitique, savoir : une argile ou marne schisteuse noirâtre, un calcaire compacte et une oolite grossière, avec avicule inéquivalve, bélemnites et polypiers, et puis au dessus de celle-ci une formation de sable ferrugineux, grès quartzo-ferrugineux, fer hydraté et silex, laquelle a beaucoup de rapports à celle des environs de Mareuil.

L'arkose d'Ecuras, le macigno de Montbron, le calcaire castinier de Mbnet, et les dolomies et grès de Varaignes appartiennent, comme toutes les roches de cette nature décrites jusqu'ici, à la partie supérieure du lias. La formation siliceuse et jaspoïde de Saint-Sornin et Marillac, et celle argilo-ferrugineuse de Montbron, corres-

pondent à l'étage inférieur de l'oolite, tandis que les calcaires compactes et oolitiques qui les recouvrent immédiatement appartiennent déjà à l'étage moyen. Ces calcaires s'étendent vers Rancogne, et occupent tout l'espace entre Montbron et Marton; à Rancogne, ils contiennent de vastes grottes, qui pénètrent, à des distances inconnues, dans un coteau, au pied duquel coule la Tardoire; l'ouverture principale se trouve à quelques mètres au dessus du cours de cette rivière, l'entrée en est basse et sombre. Les chambres dont elles se composent s'élargissent et se rétrécissent de mille manières, leurs parois sont lisses et ondulées, et leurs voûtes sont découpées en pendentifs de diverses formes, sur lesquels on observe rarement une petite couche de stalactites: ces dernières, mélangées de terre, ne produisent point d'ailleurs, par la réflexion de la lumière, cet aspect riche et brillant qu'on admire dans d'autres grottes. A Varaignes, Marton et Pranzac, les calcaires précédens sont remplacés par des oolites à fragmens grossiers distincts, qui s'étendent jusqu'au terrain de craie, et qui offrent, le long du cours du Bandiat, des cavités nombreuses et plus ou moins vastes. Les dépôts de fer qu'on trouve superposés à cette dernière formation, ou remplissant les crevasses qu'on y remarque, diffèrent de ceux qui sont liés à l'oolite inférieure, en ce que le fer y est plutôt à l'état d'hydrate qu'à celui d'oxide rouge; en ce que les roches siliceuses qui lui sont associées se rapprochent plutôt des silex que des jaspes; enfin, en ce que le manganèse assez rare qui s'y trouve est terreux et non compacte.

4°. Environs

Au nord de Vitrac, la limite du terrain pri-

de La Roche-foucault (Pl. IV).

mitif passe par Mézières et le pont Sigoulant, et dans cette partie les roches qui recouvrent immédiatement ce terrain offrent les plus grandes analogies avec celles de Montbron.

Le fond de la vallée de Brassac montre en effet une roche d'arkose semblable à celle d'Écuras et de la Grelière, dont la pâte est tantôt fine et tantôt grossière, et qui comprend entre ses bancs de minces veines de marnes ou psammites à empreintes charbonneuses. Au dessus de cette roche se trouve un calcaire argileux, jaune, compacte, à cassure terreuse et à petits points noirs manganésifères, lequel ne contient aucun fossile; puis un calcaire grisâtre, compacte, à cassure conchoïde, qui tient dans sa masse des rognons de silex et un grand nombre de pétrifications des genres Pectinites, Bélemnites, Térebratulites et Encrinites, tous fossiles de la partie supérieure du lias. Ce dernier calcaire est recouvert d'un banc d'environ 6 mètres d'épaisseur d'une marne schisto-bitumineuse, dans laquelle on a trouvé quelques débris de bois fossile et beaucoup de pyrites de fer à l'état d'ammonites, et qui nous paraît appartenir déjà à l'étage inférieur de l'oolite. Enfin, toutes les hauteurs de Brassac et du Châtelard sont jonchées de roches de quartz grisâtre carié, ou de silex pyromaque, ou de jaspe compacte jaunâtre, lesquelles proviennent sans doute de couches supérieures de cette nature, qui se lient à celles de même genre des environs de Montbron, Marillac et Ivrac.

Près de Romazière et du pont Sigoulant, le calcaire gris compacte et coquillier précédent est immédiatement recouvert par la formation siliceuse; celle-ci se montre d'ailleurs sous un autre

aspect. Elle se compose ici de jaspe jaunâtre ou blanchâtre terreux, lequel saille au jour en blocs plus ou moins arrondis, et de grès psammitique blanchâtre, à pâte fine, argilo-quartzo-micacée, lequel forme des couches à peu près horizontales à la partie supérieure de ce dernier. Le jaspe est toujours plus ou moins décomposé, et passe à une argile jaunâtre ou rougeâtre; qui par la plus ou moins grande proportion de fer qu'elle contient prend une teinte bigarrée. Sur plusieurs points cette teneur en fer est telle, qu'il constitue un véritable minérai de fer oxidé rouge argileux, qu'on exploite à Romazière et à Fontafie pour quelques forges de la Charente. Le mélange, dans quelques unes de ses parties, de fer phosphaté bleu terreux oblige d'ailleurs à n'en user qu'avec les plus grandes précautions.

Cette formation de jaspe argilo-ferrugineux s'étend du pont Sigoulant à Chasseneuil; près de ce lieu, elle est plutôt siliceuse que jaspoïde, et le fer qui l'accompagne plutôt hydraté qu'oxide rouge; elle offre, à l'embranchement de la route de St.-Claud, un banc de 1 mètre environ d'épaisseur de silex pyromaques avec argile rougeâtre et fer hydraté supérieurs. Immédiatement au dessous de ces silex, se trouve un calcaire blanc grisâtre, à pâte fine, compacte ou sableuse, lequel contient des veines chargées de térébratules (*T. emarginata*) et quelques nodules siliceux : ce calcaire représente assez bien le corn-brasch de l'étage inférieur oolitique. Au delà du bourg de Chasseneuil, des bancs puissans de calcaire compacte plus ou moins fin, qui appartiennent au même étage, sont exploités avec avantage et fournissent d'assez belles pierres de construction.

A Taponat et La Rochefoucault, on trouve un calcaire oolitique blanc grisâtre, à grains fins, alternant avec un calcaire subgranulaire grisâtre et un calcaire compacte blanc jaunâtre, contenant quelques points ferrugineux qui lui donnent l'aspect d'une oolite imparfaite. Les hauteurs entre Chasseneuil et Taponat, entre Taponat et La Rochefoucault, sont occupées inférieurement par un calcaire subgranulaire grisâtre ou jaunâtre, et supérieurement par une argile rouge avec minérai de fer hydraté et rognons siliceux. A Fleurignac, ces argiles ferrugineuses sont plus développées et contiennent plusieurs veines abondantes d'un très bon fer hydraté, qu'on exploite.

A une demi-lieue à l'ouest de La Rochefoucault, près du petit village de St.-Constant, les calcaires précédens sont remplacés par un calcaire oolitique blanc, à pâte plus ou moins craïeuse et à grains irréguliers de la grosseur d'un grain de millet à celle d'un pois, qui nous paraît représenter l'oolite d'Oxford : ce calcaire forme des bancs horizontaux de 2 mètres environ d'épaisseur, qui se superposent sur plus de 6 mètres de hauteur. La facilité de cette pierre à se laisser travailler, l'homogénéité et la puissance de ses couches font qu'on en tire un très grand parti.

Immédiatement au dessus de cette oolite grossière, repose un calcaire subgranulaire ou compacte blanc grisâtre, dans lequel apparaissent des parties lamelleuses d'un blanc de neige, qui doivent être des débris d'entroques, et auquel est associé, dans la forêt de la Braconne, un calcaire à polypiers coralliformes, formé d'une pâte de calcaire blanc compacte et de tubes creux ou

pleins de calcaire cristallin translucide. Ce dernier correspond au coral-rag des Anglais.

Les coteaux qui mènent des hauteurs des Favrots au bourg de Ruelle sont composés de couches alternantes de calcaire compacte marneux et de calcaire-lumachelle, lesquelles représentent l'argile de Kimmeridge.

Le calcaire compacte plus ou moins argileux a une cassure terreuse, un tissu lâche et une couleur blanc grisâtre; il forme des bancs de $0^m,35$ à $0^m,45$ d'épaisseur, qui s'inclinent légèrement vers le sud-ouest, et qui contiennent un grand nombre de pétrifications, parmi lesquelles nous avons distingué les suivantes :

Pholadomie bucardiforme (P. inédite), pholadomie à côtes (P. inédite), unio? mye, ampullaire, bucarde, etc., etc.....

Le calcaire-lumachelle est composé de calcaire subgranulaire blanc grisâtre, empâtant une multitude de coquilles brisées, dont quelques unes entières montrent que ce sont des gryphées virgulées (*gryphæa virgulata*). Cette lumachelle forme de simples veines ou des bancs toujours peu épais dans l'intérieur du calcaire compacte.

Au village de Chezmontet, entre Ruelle et Angoulême, on trouve au fond de la vallée une formation oolitique, qui correspond au portlandstone, et qui est composée d'oolites gris brunâtre plus ou moins argileuses, d'oolites blanchâtres à grains fins et de calcaire sableux gris cendré. Dans les oolites brunes et blanches, on trouve une grande quantité de moules trigonies et des pétrifications de turritelles (*T. biangulata*), actéon (*A. cuspidatus*) et bucardes.

Enfin, ces oolites sont immédiatement recou-

vertes d'une couche d'argile schisteuse noire d'environ 5 mètres d'épaisseur, dans laquelle on a trouvé quelques débris de lignite et quelques fragmens de succin ; tandis que de l'autre côté du vallon, et à peu près au même niveau, existe un grès à petits grains de quartz hyalin, empâtés par un ciment calcaire qui tient beaucoup de débris de coquilles impossibles à déterminer. Ce grès et cette argile représentent, sans aucun doute, la formation du grès vert, très peu étendue dans cette partie ; et en effet, immédiatement au dessus de l'argile repose une craie grossière blanchâtre peu résistante, avec miliolites, ichthyosarcolites, isocardes et huîtres.

5°. Environs de St.-Claud (Pl. VII).

Lorsqu'on suit le grand chemin qui mène de Confolens à Angoulême, on voit les roches de granite à grains fins faire place à des gneiss jaunâtres décomposés, qui sont traversés d'un grand nombre de filons de quartz ou de pegmatite, et qui se prolongent jusqu'à une demi-lieue environ du village des Chéronies : là, ces roches primitives sont immédiatement recouvertes d'une formation d'un grès siliceux mélangé de parties terreuses ou cristallines de feldspath jaunâtre, ou sorte d'arkose, qui sur quelques points fait effervescence avec les acides. Ce grès, disposé en couches légèrement inclinées vers l'ouest, se montre sur la droite de la route et s'étend au nord vers Saint-Martin ; près du village de Cherche-aux-Nids, il contient des nids et veines de plomb sulfuré à petits grains ; vers l'ouest, il ne se montre point au delà du vallon, sur le côté opposé duquel se trouve le village des Chéronies ; de ce côté, on ne voit partout au jour qu'une formation de jaspes en bancs horizontaux.

Ce jaspe, lorsqu'il n'est point altéré, est jaunâtre, compacte et conchoïde; il tient sur quelques points de la baryte sulfatée, et est exploité dans cet état pour ferrer la route; dans ses parties supérieures il passe d'ailleurs, par décomposition, à une argile jaune ou blanche ou à une brèche bien caractérisée. Dans l'argile jaune est disséminée en petites masses ou en veinules la substance rose de chair, à aspect compacte et à cassure céreuse, que M. Berthier a trouvée être un mélange de silicate et d'hydrate d'alumine avec eau de cristallisation, et dont la couleur a été attribuée à une substance organique comme celle du minéral de Quincy. C'est dans cette même argile que, lors du percement de la route en 1821, on a trouvé disséminés plusieurs rognons de galène plus ou moins mélangée de baryte sulfatée, et dont quelques uns pesaient plusieurs quintaux : cette galène était à grandes facettes et tenait entre ses lames beaucoup de plomb carbonaté très riche en argent. Le jaspe des Chéronies paraît en outre traversé d'un banc peu puissant de silex jaspoïde ou hornstein noir, qui renferme de la galène à grains d'acier, et dont les rapports de gisement ne sont pas encore parfaitement déterminés.

Un puits de 21 mètres de profondeur, foncé au sud de la route pour reconnaître le gîte métallifère, a montré que le jaspe n'avait pas en ce point une épaisseur de plus de 5 mètres, et que plus bas il se trouvait un banc de grès ou arkose assez semblable à celui cité plus haut, lequel reposait sur un granite vert à mica talqueux et feldspath kaolinique.

En suivant la route des Chéronies au pont de

Chantrezac, on voit d'ailleurs sur les points les plus élevés un grès psammitique à grains fins, qui est analogue à celui du pont Sigoulant, et qui paraît recouvrir le jaspe avec lequel il offre des passages. Près du pont, ce même jaspe recouvre immédiatement des marnes schisteuses et bitumineuses et un calcaire marneux noir avec lignite, pyrites de fer et grand nombre de pétrifications des genres bélemnites (*B. bisulcatus*), ammonites (*A.commune* et *arborescente*), pectinites (*P. obscurus*), ampullaire.

En remontant de là vers Saint-Claud, on ne voit partout que silex, jaspes et grès psammitique; mais si l'on descend ensuite de ce point dans la vallée de la Sonnette, on retrouve d'abord un calcaire bleu fétide, argileux, alternant avec des couches de marne bleue et contenant, comme celui de Chantrezac, des pectinites, bélemnites, ammonites et ampullaires, et en outre des térébratulites (indéterminables), des lucines (*lucina sulcata*), des unio concinna, et une petite huître gryphoïde caractéristique fort abondante; puis immédiatement au dessous vient un calcaire lamellaire, qui tantôt prend l'aspect saccharoïde et tantôt renferme des veines siliceuses et des géodes spathiques. Les fossiles les plus constans de ce dernier sont des bélemnites (*B. apicicurvatus*), des pectinites (*P. equivalvis*) et des encrinites.

De Saint-Claud à Cellefroin, règne un calcaire subgranulaire blanc jaunâtre, avec térébratules lisses (*T. obsoleta*), ammonites (*A. cristatus*) et pectinites (*P. obscurus*), ou un calcaire gris compacte avec rognons de silex et bélemnites à une gouttière entière. Ce dernier forme à Cellefroin même des bancs horizontaux épais de 1 mètre

à $1^m,30$. Il se retrouve à Saint-Laurent de la chaux sous des jaspes, tandis qu'à Nieul ces jaspes recouvrent un calcaire blanc à entroques.

Le grès ou arkose des Chéronies, par son analogie avec celui de Brassac et les macignos de Thiviers, semble devoir être inférieur au calcaire lamellaire de Saint-Claud et représenter avec lui l'assise supérieure du lias; d'un autre côté, les calcaires marneux à lignite de Chantrezac et de Saint-Claud, les calcaires blancs de Cellefroin, Saint-Laurent et Nieul, et les jaspes supérieurs des Chéronies, doivent correspondre à l'étage inférieur de l'oolite.

6°. Environs d'Alloue (Pl. VII).

Le bourg d'Alloue est situé à 12 kilomètres à l'ouest de Confolens, et sur la rive droite de la Charente; cette rivière y coule du sud au nord, dans une vallée peu encaissée, et forme un grand nombre de sinuosités à travers de belles prairies. Le pays, aux environs, y est découpé très agréablement et offre quelques points de vue charmans : du côté de Confolens, il est plus ou moins montueux et assez aride; du côté opposé, il présente une vaste plaine très fertile.

Les roches qui constituent le sol des environs sont : 1°. des granites; 2°. des arkoses et calcaires magnésifères non coquilliers; 3°. des roches siliceuses et calcaires coquilliers; 4°. enfin des argiles à jaspe et minérais de fer et de manganèse, et des calcaires oolitiques.

Le granite a été trouvé à 20 mètres de profondeur, dans un puits creusé au bas du coteau de Beaumont, dans le petit vallon arrosé par le ruisseau de Loumède. Ce granite, entièrement semblable à celui des Chéronies, est d'aspect verdâtre, son mica y est à l'état talqueux, et son feldspath aussi à l'état kaolinique; il est immé-

diatement recouvert d'un psammite gris noirâtre, à base de quartz hyalin et mélange de parties cristallines, de feldspath et de toutes petites lamelles de mica argentin; ce psammite fait dans quelques parties effervescence avec les acides, et tient dans d'autres quelque peu de lignite. Au point où on l'a traversé, il n'a que $0^{m},33$ de puissance; mais il est probable que plus vers l'ouest, c'est à dire en s'éloignant de la limite des terrains primitifs, il prend plus d'épaisseur. Il paraît d'ailleurs tenir ici la place des arkoses des Chéronies et de Brassac.

Le coteau de Beaumont, qui sépare le vallon de Loumède de la vallée de la Charente, est formé de roches calcaires qui, par leur niveau, semblent être immédiatement superposées au psammite précédent. Ces calcaires sont tous en bancs à peu près horizontaux; ceux inférieurs sont compactes, jaunâtres, magnésifères; une analyse rapide nous a donné pour ces calcaires la composition suivante :

Carbonate de chaux. . .	64	100.
Carbonate de magnésie.	31	
Résidu insoluble.	5	

ils sont non coquilliers, à cassure terreuse et parsemée de petits points noirs manganésifères, analogues enfin aux calcaires inférieurs de Brassac et de Montbron; ceux supérieurs sont grisâtres, lamellaires et à cassure plus ou moins conchoïde; ces derniers contiennent un grand nombre de pétrifications de bélemnites (*B. apicicurvatus*), d'ammonites, de pectinites (*P. equivalvis*) et de térébratulites (*T. tetraedra*); ils appartiennent évidemment à l'assise supérieure du lias.

Le calcaire jaune compacte tient quelques bancs de calcaire siliceux jaunâtre, conchoïde, près de la Bussière, et des veines d'argile calaminaire près de Montizon. Dans ces deux endroits, on y a trouvé du plomb disséminé avec de la baryte sulfatée.

Le calcaire grisâtre lamellaire alterne, près de la métairie des champs, avec des bancs argileux et des veines de grès, et tient quelques rognons de galène disséminés dans sa masse. Près de la fontaine d'Alloue, sur la rive droite de la Charente, il se montre recouvert d'une formation d'argile, grès psammitique, et jaspe argilo-ferrugineux ou manganésifère, laquelle est entièrement analogue à celle de Romazière et des Chéronies, et qui s'étend jusqu'à la Chapelle-Beauclain, où elle vient s'adosser au terrain de granite et de gneiss. A Benest, l'argile de cette formation est, depuis un temps immémorial, exploitée pour terre à poterie; à Lafond, le jaspe est très riche en fer oxidé argileux, mais il contient du fer phosphaté bleu terreux, qui nuit à sa qualité; sur un autre point, ce même jaspe offre de beaux rognons disséminés d'un manganèse oxidé noir qui rappelle celui de Thiviers.

Sur le coteau de Beaumont, on n'observe point de roche siliceuse entre les deux calcaires précédens; mais aux Montagris on voit un calcaire siliceux compacte, analogue à celui inférieur de Beaumont, immédiatement recouvert de bancs horizontaux de roche siliceuse noire, avec plomb sulfuré et carbonaté. Cette roche forme également des bancs puissans sur la rive droite de la Charente, en face du pavillon, où elle repose sur une argile micacée noire et feuilletée, semblable aux veines argileuses du calcaire coquillier; elle

existe aussi dans le vallon de Loumède, mais là sa disposition n'est plus la même, elle y forme un banc dirigé du nord au sud, s'inclinant de 60 à 65 degrés vers l'ouest, et coupant les couches de calcaire inférieur. Ce banc, dont l'épaisseur est d'environ 16 mètres au niveau du vallon, n'a plus que 3 mètres de puissance à 15 mètres sous terre; il ne s'élève pas d'ailleurs à la hauteur du calcaire supérieur, et contient dans sa masse des noyaux de calcaire jaunâtre calaminaire. D'après cela, nous pensons que, comme la roche siliceuse des Montagris, il est intermédiaire aux deux calcaires de Beaumont, et qu'il est venu remplir une fente qui s'était formée dans le calcaire inférieur. Quoi qu'il en soit, la roche siliceuse d'Alloue est jaunâtre ou noirâtre; la variété jaune, à cassure terreuse, occupe le plus généralement la surface; elle ne contient d'autres métaux que le sulfure de fer, mais on y trouve beaucoup de pétrifications des mêmes espèces que celles que renferme le calcaire supérieur, et en outre quelques plagiostomes et petites coquilles turriculées, ainsi que quelque peu de lignite. La variété noire, à cassure conchoïde luisante, est la gangue des minérais de zinc, de fer et de plomb, qui ont donné lieu à la formation de l'établissement nouvellement créé en ce lieu; c'est elle qui constitue uniquement le banc incliné sur lequel sont établis les travaux d'exploitation. Ce banc n'est pas d'ailleurs d'une richesse uniforme, il paraît renfermer beaucoup de milieux stériles; au bas de Beaumont, il offre, au niveau de la vallée, une veine métallifère de plus de 3 mètres d'épaisseur, qu'on a suivie déjà sur 150 mètres de longueur, et dans laquelle on trouve de la galène cubique ou à grains d'acier, de la blende à très petites lamelles,

du plomb et du zinc carbonatés à l'état cristallin. La galène cubique ne se présente guère que dans les fissures et crevasses de la roche, avec le plomb et le zinc carbonatés, elle tient de 1 et $\frac{1}{2}$ à 2 onces d'argent au quintal de plomb; la galène à grains d'acier, mélangée avec plus ou moins de blende et intimement unie à la silice, forme le minérai le plus commun; ce dernier rend de 15 à 60 pour 100 de plomb, riche de 2 à 3 onces d'argent au quintal. Dans quelques parties, la silice se montre sous la forme d'une brèche singulière, composée de fragmens anguleux de cette roche, empâtés par du zinc carbonaté, amorphe ou rhomboïdal; ailleurs, elle paraît alliée à plus ou moins de baryte sulfatée.

A une demi-lieue à l'ouest d'Alloue, les roches précédentes sont remplacées par divers calcaïres de l'étage inférieur oolitique.

A Chevrillé, on trouve d'abord un calcaire subgranulaire grisâtre, dans lequel sont beaucoup de térébratules (*T. bullata*), des bélemnites à une gouttière entière, des peignes (*P. obscurus*), des unio concinna, des ampullaires et des vis.

A St.-Coutant et Champagne-Mouton, domine un calcaire blanc compacte, qui tient des térébratules bulleuses aplaties sur le côté, des nautiles, des ammonites et des moules de pleurotomaires.

Enfin à St.-Gervais, dans la petite vallée de Lergentor, apparaît, inférieurement aux calcaires précédens, un calcaire subgranulaire gris jaunâtre, à encrines rondes et quadrangulaires, dans lequel se trouvent aussi quelques peignes équivalves, et qui me paraît être le même que celui supérieur de Beaumont. Il est recouvert d'un calcaire marneux plus foncé, lequel alterne avec

des bancs ou veines argileuses; ce dernier tient des ammonites (*A. concavus*), des trochus, des térébratules (*T. triquetra*), des pecten (*P. obscurus*) et des unio concinna; tandis que dans l'argile on trouve une grande quantité de bélemnites à gouttières et de petites huîtres gryphoïdes.

Au nord-est d'Alloue, la limite du terrain primitif se dirige de la Chapelle-Beauclain par Availles, Luchapt et Bussière-Poitevine. Dans cette étendue, les roches anciennes sont presque partout immédiatement recouvertes de la formation de jaspe argilo-ferrugineux, qui forme une bande continue d'au moins une lieue de largeur, et qui plus à l'ouest est remplacée par des calcaires sableux ou compactes de l'étage inférieur oolitique.

7°. Environs d'Availles.

1°. Aux environs d'Availles, le terrain de jaspe qui s'adosse aux roches de gneiss et de granite, sur lesquelles est bâtie cette ville, le suit jusqu'au bourg de Châtain; près d'Availles, ce terrain contient un banc puissant de plus de 5 mètres, composé de noyaux de silex pyromaque engagés dans une pâte de jaspe argiloïde jaune compacte. On exploite ce banc pour pierres meulières, que l'on taille sur place et que l'on enlève d'une seule pièce; on prend ainsi plusieurs meules les unes sur les autres, elles sont d'autant meilleures, que le jaspe est plus résistant; on ne s'en sert que pour moudre le seigle, elles coûtent sur place de 150 à 200 fr. A une demi-lieue plus au nord d'Availles, à gauche du chemin qui mène à l'Ile-Jourdain, le jaspe argiloïde paraît plus décomposé et comme terreux, il a diverses teintes jaunâtres et blanchâtres; il contient peu de silex, mais est chargé de beaucoup de fer oxidé, et

forme un vrai minérai analogue à celui de Romazière et que l'on extrait pour la forge de Luchapt. A Pressac, le jaspe est solide, il est disposé en bancs puissans qui sont fissurés horizontalement; il offre des passages soit au hornstein, soit au quartzite porphyroïde, et tient dans ses fissures quelques parties de manganèse oxidé. Enfin à Châtain, on voit ce même jaspe recouvrir un calcaire grisâtre sulfureux ou spathique, ou un calcaire blanc à larges ammonites, et au dessous de celui-ci des marnes schisteuses noires et bitumineuses, qui tiennent quelque peu de lignite, et qui paraissent analogues aux argiles de Brassac.

8°. Environs de l'Ile-Jourdain.

2°. A l'Ile-Jourdain, la Vienne coule entre d'énormes rochers de granite et de gneiss, qui s'élèvent jusqu'à une assez grande hauteur sur la rive gauche : c'est dans cette dernière roche qu'on dit avoir trouvé autrefois, à Beaurepeuil, un filon de fer sulfuré ou marcassite tenant or et argent, dont il est question dans les anciennes ordonnances des mines, sous le nom de *mine du Vigean*, mais dont nous n'avons pu voir aucune trace. Ces roches primitives sont recouvertes de part et d'autre de jaspe argilo-ferrugineux, elles se remontrent au Vigeau, où elles passent au porphyre feldspathique et sont dominées par des bancs de dolomie alternant avec des veines de roche siliceuse grisâtre, et par un calcaire bleuâtre, avec ammonites, bélemnites, trochus et lignites. Près de Joussé et de Pairoux, ce calcaire est remplacé par une marne siliceuse et bitumineuse, dans laquelle on a retrouvé beaucoup de lignite, et qui est recouverte par un calcaire blanc à entroques, ou par un calcaire argileux passant à la

marne. Enfin, entre la Carte et Ceranzan, on trouve une oolite bien distincte et finement grenue.

9°. Environs de Bussière-Poitevine.

3°. A Bussière-Poitevine, la partie orientale est composée de roches, en bancs fortement inclinés, de gneiss, de schistes siliceux jaspoïdes et de schistes carburés, tandis que la partie occidentale offre un petit dépôt de grès blanc psammitique (quadersandstein) et une formation abondante de jaspe argilo-ferrugineux, qui s'étend jusque par delà Moulime et couvre toutes les hauteurs entre Moulime et l'Ile-Jourdain. Près de Lussac-les-Châteaux, cette formation jaspoïde est remplacée par un calcaire marneux blanc, tenant du manganèse oxidé terreux, lequel passe peu après à un calcaire oolitique qui se poursuit jusqu'à Lussac. Se dirige-t-on ensuite de là vers le bas du vallon de Sillars, on trouve d'abord un calcaire grisâtre, imprégné de petites lamelles spathiques brillantes provenant de débris d'entroques, et contenant quelques pétrifications de pecten et térébratules; puis, au dessous, un calcaire cristallin qui alterne avec une belle dolomie, passant au sable dans ses parties supérieures, et dans laquelle nous n'avons vu que quelques traces de fossiles indéterminables. Dans la forêt, à une demi-lieue au nord de Lussac, le calcaire à entroques précédent est immédiatement recouvert par un banc de 1m,5 d'épaisseur, d'un silex molaire à cavités remplies de cristaux de quartz, qui semble devoir être rapporté à l'étage du calcaire siliceux du terrain tertiaire; tandis que sur les bords de la Vienne la dolomie se suit jusqu'au village de Latour, formant des bancs puis-

sans, avec veines nombreuses de silex compacte, auxquels succède le calcaire oolitique de l'étage moyen qui s'étend vers Chauvigny.

Les dolomies de Lussac reposent sans doute, comme celles du Vigeau, sur les roches anciennes qui, paraissant encore au jour dans le vallon de Moulime, doivent passer à peu de profondeur sous lé lit de la Vienne, près Lussac. Ces dolomies sont donc dans la même position que celles du lias décrites jusqu'ici. Cependant, elles ne sont pas, dans ces deux lieux, accompagnées des arkoses et barytines que nous avons trouvées ailleurs; elles y sont immédiatement recouvertes de calcaires de l'étage oolitique inférieur, desquels elles se rapprochent par le grand nombre de veines siliceuses que contiennent les unes et les autres. Elles sembleraient dès lors représenter les couches supérieures du lias, et unir cette formation à celle de l'oolite inférieure. Nulle part d'ailleurs on n'observe, entre ces formations, de superposition transgressive qui s'oppose à cette idée.

Au nord du département de la Haute-Vienne, la limite des roches primitives va de Bussière-Poitevine environ, par Lathus, Mouter, Bonœil, Beaulieu, Saint-Benoît-du-Sault et le Fay.

10°. Environs de Montmorillon.

10. De Lussac-les-Châteaux à Montmorillon et la Trimouille, la formation argilo-jaspoïde, avec minérais de fer et grès blanc psammitique, vient partout s'adosser aux roches anciennes, et montre presque partout les mêmes caractères qu'aux environs de Moulime. A Montmorillon, elle recouvre des bancs puissans d'une roche dolomitique grenue ou sableuse, analogue à celle de Lussac, et qui, comme celle-ci, nous semble appar-

à côtes comme à Népine, où un calcaire compacte blanchâtre alternant avec des bancs d'oolite finement grenue, comme à Belabre.

Au Blanc, commencent à paraître les oolites de l'étage moyen, qui s'étendent jusqu'à Lureuil, où elles sont remplacées par un grès. Les roches de cet étage sont des calcaires compactes, des calcaires oolitiques et des calcaires à polypiers.

Les calcaires compactes sont grisâtres ou blanchâtres, à cassure unie ou conchoïde, à tissu lâche ou serré. Le premier, toujours plus ou moins marneux, à pâte terreuse ou craïeuse occupe, avec le calcaire à polypiers, la partie supérieure ou la plus rapprochée de la craie. Il est facile à la décomposition et est employé pour marner les champs. Le second traverse de petites veines cristallines, alterne ordinairement avec les oolites. Dans l'un ni dans l'autre nous n'avons observé de traces de fossiles.

Le calcaire oolitique est à gros ou à petits grains; le premier, qui se voit au Blanc, tient quelques pétrifications assez rares de pecten; les grains sont généralement distincts, de forme irrégulière, de la grosseur d'un pois et empâtés par un ciment de calcaire subgranulaire gris blanchâtre. Ces mêmes grains sont formés de calcaire compacte; quelques uns seulement d'entre eux offrent au centre un petit noyau cristallin. Dans quelques bancs de cette oolite à gros grains, on voit d'autres grains plus gros, de forme irrégulière mais arrondie, qui donnent à la roche l'apparence d'un agrégat.

Dans le calcaire oolitique à petits grains, route du Blanc à Saint-Savin, ces grains sont globuli-

formes et disséminés dans une pâte subgranulaire blanc grisâtre; il alterne, comme celui à gros grains, avec des bancs de calcaire compacte, forme comme lui, des couches de 1 mètre à 1m,33 d'épaisseur, et est particulièrement employé avec avantage dans les constructions.

Le calcaire à polypiers, rugueux, subgranulaire, dur, poreux, avec pecten, pointes d'oursins et ptérocères, forme des bancs puissans à la Poulinière et au dessous de la Brugière; il y est accompagné de calcaire compacte marneux, et constitue avec ce dernier la partie supérieure de la formation jurassique. A la Brugière, le calcaire marneux tient beaucoup de vis et renferme des grains oolitiques irréguliers qui, au lieu d'être distincts comme dans l'oolite du Blanc, se lient intimement à la masse.

Enfin, le grès qui se montre à Lureuil se dirige à l'ouest vers Pleumartin, et s'étend au nord jusqu'à la roche Pozay et Martizay, où commence la craie-tufau. Ce grès est tantôt siliceux, à grains lâches, assez semblable à celui qui se trouve avec le jaspe argileux; tantôt il est calcaire, plus ou moins chloriteux, et accompagné alors de gryphées (*G. columba*) et autres fossiles de l'étage du grès vert, auquel il se rapporte évidemment. C'est à la jonction de ce grès avec la craie-tufau que jaillissent les eaux minérales de la roche Pozay.

DEUXIÈME PARTIE.

Des roches secondaires situées à la limite des terrains anciens de la Vendée.

Considérations générales sur les terrains anciens de la Vendée.

Les parties septentrionales des départemens des Deux-Sèvres et de la Vendée offrent un pays élevé, hérissé de collines nombreuses, et coupé

par des vallées étroites, profondes et sinueuses. Ce pays est divisé en carrés de 2 ou 3 hectares, qui sont entourés de haies de 2 à 3 mètres de hauteur, du milieu desquelles s'élèvent une multitude d'arbres très rapprochés qui lui donnent l'aspect d'une forêt continue, d'où son nom de *Bocage*. Une chaîne de montagnes, faisant la continuation de celle décrite dans le bassin secondaire, occupe la partie sud du terrain primitif des Deux-Sèvres, et la partie nord du même terrain dans la Vendée. Cette chaîne se dirige par Saint-Pierre-du-Chemin, Montournais, Pouzauge, la Flocelière, les Herbiers, les Essards, Belleville, elle passe entre Saint-Léger et Palluau, au dessus de Machecoul, et va se terminer vers Pornic sur le bord de la mer. Sa plus grande hauteur est d'environ 300 mètres au dessus de la mer. Cette chaîne est généralement granitique ou formée de granite et de gneiss, ainsi que la plus grande partie de son versant nord, qui constitue le vaste plateau des environs de Bressuire: elle donne naissance, au nord, aux rivières du Thouet et de l'Argenton et à celles de la Sèvre-Nantaise, du Maine et de la Boulogne; au sud, elle donne naissance aux rivières de l'Antise, la Vendée, le Lay, l'Ion et le Vic.

Le versant du sud s'abaisse rapidement dans les Deux-Sèvres, tandis que dans la Vendée il se maintient à une assez grande hauteur pour former le plateau au sud-ouest de Bourbon; ce versant est généralement composé de roches schisteuses, qui affectent la direction du nord ouest au sud-est et une inclinaison de 75 à 80 degrés vers le sud-ouest.

1°. Du ter- Le terrain schisteux des Deux-Sèvres, ou celui

qui s'étend au nord-est de Coulonges, est formé de schistes talqueux verdâtres, de schistes argileux et carburés noirâtres, de poudingues siliceux et de calcaire-marbre.

rain schisteux des Deux-Sèvres.

Le poudingue est composé de fragmens de quartz laiteux empâtés par un ciment de nature également siliceuse; dans quelques parties, les fragmens se fondent dans la masse et donnent au tout une apparence homogène. Ce poudingue se voit aux environs d'Ardin et de Xaintray, alternant avec des schistes talqueux. A Vildé, sur le bord de l'Antise, et au hameau de la Gâconnière, on en tire des pavés d'échantillons pour les villes de Niort et de La Rochelle.

Le calcaire-marbre se montre au même hameau de la Gâconnière en une suite de rochers saillans au jour, dirigés du nord-ouest au sud-est, plongeant de 75 degrés au sud-ouest, et compris entre les poudingues précédens. Ce marbre a été exploité il y a trente ou quarante ans, et plusieurs blocs ayant alors été laissés, on les fait maintenant conduire à Niort, où un marbrier se propose de les employer. On en trouvait trois variétés différentes ; l'une d'une couleur noirâtre avec veines blanches de spath calcaire, l'autre d'un gris cendré, et la troisième de couleurs mélangées gris blanc et rougeâtre : la première variété, la seule dont nous ayons vu des échantillons polis, nous a paru fort belle, et nous ne doutons pas qu'elle ne trouve un débit prompt et facile.

Le terrain schisteux de la Vendée ou celui qui forme le plateau des environs de Bourbon, est composé généralement de roches de gneiss et

2°. Du terrain schisteux de la Vendée.

de schistes, et de quelques dépôts peu étendus de granite.

Le gneiss est granitoïde ou schistoïde, glandulaire ou tabulaire, il paraît surtout abondant dans les environs de la petite ville des Sablons, et renferme là des nœuds d'un granite très feldspathique et souvent porphyrique. Il forme en outre des bancs en un grand nombre de lieux, comme à Bourneau, la Châtaigneraie et Bourbon.

Les schistes sont talqueux, argileux ou siliceux. Les schistes talqueux, gris verdâtre et d'un éclat soyeux dominent aux environs de Vouvant; près Montigny, ils passent à un schiste coticule de couleur claire et de structure finement grenue. Les schistes argileux d'aspect terne et de couleur brune ou noire dominent près de Saint-Hilaire-de-Talmont, et passent à l'ardoise près du Poiroux, où on commence à les exploiter. Les schistes siliceux formés de veines alternatives de quartz grisâtre et jaunâtre écailleux, et traversés en tous sens par des veinules de quartz hyalin blanc, se trouvent surtout dans les environs de Mareuil.

Dans l'étendue occupée par ces terrains de gneiss et de schiste, on trouve du granite 1°. dans le canton de la Châtaigneraie; 2°. à Creil-de-Bournezeau; 3°. à Avrillé. Dans les deux premiers lieux, il est à gros grains; dans le dernier, il est à grains fins et a fourni les pierres de taille qui ont servi à la construction de la cathédrale de Bourbon.

Les couches subordonnées à ce terrain sont d'ailleurs les suivantes : 1°. un poudingue à ciment siliceux ou ferrugineux, et des bancs de quartz laiteux rougeâtre ou noirâtre; 2°. des schistes amphiboliques qui abondent partout sur

la rive gauche du grand Lay; 3°. un schiste ferrifère près de Bourbon. Ce dernier nous a paru former, au nord-est de cette ville, un banc très puissant qui se suit sur plus d'une lieue de longueur, de la Chauvière à la Termelière; la direction générale est du nord-ouest au sud-est, ainsi que celle des couches de schiste argileux auquel il est subordonné. Ce minérai est composé d'un fer oxidé hydraté compacte ou hématoïde. Il est disposé généralement en veines alternatives avec un schiste talqueux jaunâtre ou un schiste argileux noirâtre, et forme en outre au milieu de ceux-ci des amas plus ou moins considérables: de là deux variétés de ce minérai, l'une schisteuse et l'autre massive. Toutes deux sont assez riches pour être traitées avec avantage, assez abondantes pour alimenter une usine pendant de longues années; mais très siliceuses sur un grand nombre de points, elles semblent devoir être d'une fusion difficile; la grande quantité de scories qu'on trouve répandues aux environs montre d'ailleurs qu'on en a tiré un grand parti autrefois.

Enfin, parmi le grand nombre de filons de quartz qui traversent le terrain schisteux dont nous nous occupons, il en est peu qui soient métallifères. Le seul de cette espèce qu'on connaisse est celui d'antimoine sulfuré, qui se trouve au village de la Ramée, canton de Pouzange. Ce filon, dirigé de l'est à l'ouest et incliné de 50 degrés au nord, tient dans une gangue de quartz et de schiste une veine de minérai dont l'épaisseur varie de $0^{m},03$ à $0^{m},33$. Il a été exploité à plusieurs fois différentes, et paraît aujourd'hui entièrement abandonné.

Dans l'intérieur de la formation schisteuse 3°. Bassin se-

condaire intérieur de Chantonay.

précédente, se trouve un bassin secondaire indépendant de celui de la plaine, et qui a avec lui les plus grands rapports. Ce bassin s'étend du sud-est de Vouvant au nord-ouest de Chantonay, il est de forme irrégulière, a une longueur de 40 à 50 kilomètres et une largeur qui varie de 1 à 10 kilom. Il occupe une partie des communes des Essards, Sainte-Cécile, Chantonay, Saint-Vincent-Desterlange, Saint-Germain-de-Prinçay, Sigournay, Saint-Mars-des-Prés, Saint-Philbert-du-Pont-Charaud, Saint-Hilaire-du-Bois, Bazoges, Bouildroux, Thouarçais, Saint-Sulpice, Cézay, Vouvant, Puy-de-Serre, Marillet, Faymoreau et Saint-Laurs.

Ce bassin offre deux formations distinctes de roches : 1°. une formation houillère en couches inclinées; 2°. une formation calcaire en bancs horizontaux (Pl. VIII).

Le terrain houiller constitue toute la partie du bassin qui s'étend au sud-est de Vouvant, et offre de nombreux affleuremens de houille près de Saint-Laurs, de Marillet, de Puy-de-Serre et de Puyrinsent. Ce même terrain houiller se remontre au nord dans les environs de Chantonay, mais il n'existe qu'à la limite du sud et tout le reste est recouvert de calcaire horizontal.

Près de Marillet, sur les schistes talqueux dirigés nord-ouest-sud-est et plongeant de 70 à 75 degrés au sud-ouest, repose la formation houillère en bancs inclinés de 45 degrés au sud. Elle se compose là de couches alternatives de poudingues quartzeux, grès siliceux blanc avec empreintes de roseaux et de palmiers, argile schisteuse bitumineuse et houille. L'argile schisteuse est, dans plusieurs parties, assez bitumineuse

pour brûler, et elle laisse alors pour résidu une sorte de coke impur; dans d'autres parties, ce schiste est pulvérulent à l'intérieur, très léger et jouissant de la propriété décolorante. La houille est grasse, collante et donnant de très bon coke; les bancs trouvés jusqu'ici n'ont, moyennement, que $0^{m},66$ à 1 mètre d'épaisseur; les travaux de recherches qu'on avait commencé à diriger sur eux, lorsque nous en fîmes la visite, étaient d'ailleurs encore fort peu étendus.

A Puyrinsent près Vouvant, la formation se compose de couches alternatives de grès quartzeux à gros grains et grès fin psammitique et veines de schiste bitumineux et de houille. Ici ces couches plongent d'environ 60 mètres au nord; le schiste bitumineux n'a pas à la surface plus de 15 à 25 centimètres de puissance, il tient quelques empreintes de fougères et quelque peu de fer lithoïde, et est ordinairement intercalé entre les bancs de psammite à grains fins. Sa présence donna lieu, il y a environ quatre-vingts ans, à des recherches qui ont constaté l'existence de la houille en ce lieu; les travaux consistaient en deux puits peu distans et profonds de 20 à 27 mètres, et en quelques galeries de coupement qui devaient avoir traversé quelques veines plus puissantes. Il paraît que de ces travaux on tira de la houille en assez grande quantité, mais dont on trouva peu de débit; ce qui, joint à d'autres circonstances, fit abandonner l'entreprise. L'analogie qui existe entre le gisement de Vouvant et celui de Marillet pourrait engager à y faire de nouvelles recherches.

Auprès de Chantonay, le terrain houiller reparaît à la Tabarière et à la Marzelle : dans le pre-

mier lieu, il repose sur les schistes du pont Charaud, et se compose de grès blanc, grès psammitique et argile schisteuse, avec veines de houille en couches, plongeant de 60 degrés au nord; sur celle ci, puissante de 0^{m}33 seulement, on a formé un puits, qui n'a eu aucun succès. A la Marzelle, on a découvert dernièrement des affleuremens qui paraissent plus importans, mais que l'on n'a point encore attaqués.

Le dépôt houiller de la Vendée a de grands rapports avec celui des bords de la Loire, en ce que l'un et l'autre reposent en couches assez fortement inclinées sur les schistes de transition, et qu'ils comprennent des couches de grès et poudingues grisâtres entièrement quartzeux. Dans le terrain houiller de la Loire, on observe d'ailleurs une très grande irrégularité dans les couches de houille qui n'offrent que des amas de ce combustible disséminés dans l'argile schisteuse; tandis que les couches de la Vendée ont paru jusqu'ici assez régulières. Les grès et argiles schisteuses de la Loire ne contiennent aucun vestige de corps organisés; les schistes bitumineux de Vouvant et les grès de Marillet renferment au contraire des empreintes de roseaux et de fougères.

Quoi qu'il en soit, le terrain houiller de la Vendée, dont la stratification n'est point concordante avec celle des schistes de transition sur lesquels il repose, doit être regardé comme plus nouveau que ces schistes, car la grande ressemblance qu'on peut remarquer entre certains grès et poudingues de la houille et les grès et poudingues des schistes ne saurait avoir plus de valeur que cette transgression dans la superposition.

Le terrain de calcaire secondaire horizontal se compose 1°. de calcaire plus ou moins calaminaire, qui se rapporte à la partie supérieure du lias, et de calcaire marneux qui appartient à l'étage inférieur de l'oolite. Le premier calcaire s'observe aux environs de Cézay, où il recouvre le terrain houiller de Vouvant et occupe seul le reste du bassin; il est ici brunâtre, cellulaire, sans apparence de fossiles et mélangé de parties jaunâtres terreuses et plus ou moins calaminaires. A Saint-Vincent-d'Esterlange, ce même calcaire, toujours rugueux et cellulaire, mais à structure cristalline et avec quelques pétrifications indéterminables, s'observe encore. Mais là c'est seulement au nord du bassin, où il vient s'adosser immédiatement aux schistes argileux, tandis qu'à une demi-lieue plus loin vers le sud, il est recouvert par les calcaires de l'étage oolitique inférieur. Ces derniers sont d'abord un calcaire marneux bleuâtre, avec bélemnites (*B. bisulcatus*) et ammonites (*A. communis*); puis un calcaire compacte blanchâtre, avec bélemnites (*B. bisulcatus*), ammonites (*A. cristatus*) et huître gryphoïde, lequel s'étend jusqu'à Chantonay, où il vient s'appuyer sur le terrain houiller et où on l'exploite pour constructions.

On peut se demander de quel côté vinrent les eaux de la mer qui dûrent couvrir ce bassin longtemps après qu'elles eurent laissé à nu les collines qui le circonscrivent. Or, si on considère que, très rétréci aux environs de Vouvant, ce bassin va en s'élargissant vers Chantonay, que son sol y a une inclinaison sensible du midi au nord, que les roches qui y dominent sont généralement d'autant plus nouvelles qu'on va plus

au nord, il semblera très naturel de supposer que ces eaux dûrent affluer par les vallées du petit et du grand Lay.

Dans la partie occidentale du plateau élevé de la Vendée, se trouvent en outre non loin de la mer plusieurs petits dépôts calcaires qui recouvrent immédiatement les schistes de cette contrée et qui ont les plus grandes analogies avec le grand bassin de la plaine, dont ils doivent être contemporains. Ces dépôts sont 1°., au sud, celui d'Olonne, dont la superficie apparente n'est pas de plus d'une demi-lieue carrée; 2°. au nord, ceux qui s'observent dans les communes de Palluau, de Commequiers, de Chalans et de Saint-Jean-de-Mont. Ces derniers, qui paraissent aujourd'hui séparés les uns des autres, semblent avoir été liés entre eux autrefois et avoir formé un seul bassin étendu, qui était en communication directe avec la mer. On y trouve en effet en allant de l'est à l'ouest, dans la commune de Palluau, un calcaire jaunâtre terreux qui appartient à l'assise supérieure du lias; dans la commune de Commequiers, une marne schisteuse à lignite, semblable à celle que nous avons tant de fois signalée à la naissance du calcaire oolitique, et au dessus de celle-ci un calcaire blanc coquillier, qui se revoit sur la côte, et qui est analogue à celui de Chantonay.

Des terrains secondaires à la limite du terrain schisteux de la Vendée.

Au terrain schisteux et élevé de la Vendée succède un terrain de plaines, composé de roches calcaires qui se dirigent de l'est à l'ouest de Fontenay à Luçon, et qui, terminé au marais de la Sèvre, n'a que de 1 lieue à 3 lieues au plus de largeur. Cette plaine présente quelques inégalités, elle est du reste sèche et unie, par suite

d'un aspect triste et monotone, mais se couvre tous les ans de riches moissons. Les différentes coupes que nous y avons faites du nord au sud serviront à faire connaître sa composition.

1°. Environs des Sables.

Sur la côte, au sud-ouest des Sables-d'Olonne, à un petit village nommé les Sards, commune de Saint-Hilaire-de-Talmont, a lieu la jonction du terrain ancien et du terrain secondaire. Là, sur des roches de gneiss, en couches assez fortement inclinées au nord-ouest, repose immédiatement une roche siliceuse noire, en bancs légèrement inclinés au sud, laquelle est semblable à celle d'Alloue, et se suit jusque vers le Veillon sur le Pairay. A la superposition de ces deux roches, on voit aussi au jour quelques blocs d'un grès fin gris verdâtre, qui doit être lié au hornstein. En ce lieu fut découverte autrefois une mine de plomb sulfuré argentifère, qui devait sans doute former des nids ou veinules dans la roche siliceuse, et qui, peut-être aussi, se prolongeait dans le gneiss. On y fit quelques travaux dont on voit encore les ruines; le minérai qu'on en tirait était riche en argent et facile à traiter, ce qui fait supposer qu'il n'était point chargé de blende ainsi que celui d'Alloue; du reste trop peu abondant pour être exploité avec avantage, on l'abandonna en 1785.

A Veillon, la roche siliceuse est remplacée par un calcaire grisâtre, à bélemnites (*B. apicicurvatus*) et ammonites, et par un calcaire cristallin brunâtre et jaunâtre. Ces calcaires donnent de la chaux grise hydraulique, ils s'étendent jusqu'au delà des Sards, sont analogues aux calcaires de Beaumont, et appartiennent, comme ceux-ci, à l'assise supérieure du lias.

2°. Environs de Mareuil.

Le terrain intermédiaire va des Sards à Saint-

Hilaire-de-la-Forêt, Saint-Sornin, la Couture, Mareuil, Puymaufray et la Réorthe.

Dans l'intervalle de Mareuil à Luçon (Pl. VIII), on trouve sur les schistes talqueux et siliceux qui forment la rive droite du Lay : 1°. un calcaire rugueux et cellulaire gris brunâtre, à cassure terreuse, qui passe à une argile ocreuse et calaminaire, et qui est disposé en bancs légèrement inclinés au sud. Je n'y ai point observé de fossiles, mais il est recouvert immédiatement d'un calcaire gris compacte, à cassure terreuse, dans lequel on trouve une grande quantité de gryphées (*G. cymbium*), des bélemnites (*B. apicicurvatus*), des peignes (*P. equivalvis*), et quelques pholadomies.

Le calcaire brunâtre ci-dessus se retrouve à la Réorthe allié à un calcaire cristallin brun jaunâtre; ce dernier tient quelques nucules? et turriculés. Il alterne avec des bancs de macigno ou grès calcaire, contient des amas de calcaire blanc, à cassure conchoïde mouchetée de points spathiques jaunâtres, et est accompagné de veines d'argile dans lesquelles on trouve la térébratule tetraèdre, le peigne équivalve, la bélemnite à sommet courbe et quelques ammonites.

A Mareuil et à la Réorthe, on voit donc que les roches secondaires qui s'appuient sur le terrain ancien appartiennent à l'assise supérieure du lias.

2°. A mi-chemin de Mareuil à Luçon, la formation précédente est recouverte par des couches alternantes de marne et de calcaire gris foncé, à texture subgranulaire et structure serrée. Dans la marne, on trouve la bélemnite à une gouttière (*B.*.) et quantité d'ammonites carénées (*A.*

inédite); dans le calcaire qu'on exploite en pavés d'échantillons pour la ville de Luçon, sont également contenus beaucoup de bélemnites à gouttière et quelques peignes (*P. obscurus*). Ces couches nous paraissent appartenir à l'assise inférieure du calcaire oolitique.

3°. Enfin, à la porte même de Luçon, on trouve un calcaire blanc compacte, à cassure terreuse et suboolitique et d'aspect craïeux, lequel contient l'ammonite commune et, selon M. Boué, des nautiles, térébratules, cardium...., et qui s'étend jusqu'au marais. Ce dernier correspond au calcaire sableux ou à l'oolite sableuse de l'étage inférieur de l'oolite.

3°. Environs de l'Hermenault.

A l'ouest de la Réorthe, la limite du terrain intermédiaire passe au nord de Saint-Martin-Lars et de Saint-Cyr-des-Gats, par Bourneau et Pissotte.

Sur le versant sud-ouest de la chaîne ancienne qui s'étend de Bourneau à la Caillère, on trouve, dans les communes de Bourneau et de Saint-Cyr-des-Gats, des dépôts isolés d'un grès formé de grains de quartz hyalin grisâtre, dont la grosseur varie de celle d'un gros pois à celle d'un grain de millet et qui sont empâtés par un ciment de baryte sulfatée blanche laminaire. Cet agrégat se remontre à Saint-Martin-des-Fontaines et l'Hermenault. Il est partout disposé en bancs à peu près horizontaux, et se débite en blocs larges et épais, que l'on emploie à faire des meules de moulin. Dans les deux premières localités, il n'est point recouvert; dans les deux dernières, au contraire, il l'est en plusieurs points par une formation calcaire de lias supérieur. Il paraît donc représenter ici les arkoses de Thiviers.

La formation calcaire qui recouvre le grès de l'Hermenault se compose : 1°. de calcaire magnésifère gris brunâtre, à cassure terreuse et à beaucoup de pétrifications de nucules ?.

2°. De calcaire gris jaunâtre, à cassure terreuse, à structure lâche et non coquillier.

3°. Enfin de calcaire lamellaire brun jaunâtre, rugueux et cellulaire, dans lequel nous n'avons point non plus aperçu de fossiles. Cette formation se suit au loin au nord de la Longève, vers Sévigné. Elle est recouverte, près Fontenay, par des calcaires de l'étage inférieur oolitique, savoir : par des couches alternatives de marne à bélemnites (*B. bisulcatus*) et huîtres gryphoïdes, et de calcaire compacte grisâtre, à ammonites communes, comme dans la vallée de la Longève, entre le bourg de ce nom et celui de Sévigné; 2°. par les calcaires blancs compactes, terreux, suboolitiques des hauteurs de Fontenay.

4°. Environs de Fontenay.

Les environs de Fontenay montrent, comme ceux de Luçon et de l'Hermenault, les calcaires de l'assise supérieure du lias, et ceux de l'oolite inférieure.

Les premiers ne se voient qu'à Faissay et à mi-chemin de Puymoreau à Beugné-Saint-Maixent, ce sont dans l'un et l'autre lieu des calcaires gris bleuâtres, compactes, terreux, dans lesquels on trouve le *plagiostoma gigas* et l'*ammonites Stokesii.*

Les calcaires de l'oolite inférieure sont plus variés : ce sont des calcaires lamellaires ou des calcaires compactes sableux, des macignos ou grès calcaire grisâtre, avec bélemnites à une gouttière et peignes obscurs, enfin des calcaires blancs compactes, suboolitiques, dont les couches inférieures alternent avec des argiles à ammonites

carénées (*A. inédite*), bélemnites (*B. bisulcatus*) et à huîtres gryphoïdes, et dont les couches supérieures renferment une grande quantité d'ammonites communes, des nautiles, et quelques petits nids de galène à Fontaine.

Une formation silicéo-ferrugineuse appartenant également à l'oolite inférieure se montre encore ici : 1°. Elle apparaît au nord du Mazeaux, s'appuyant sur les schistes talqueux et sous forme d'argile jaspoïde jaunâtre, avec des modules disséminés de fer hydraté, et quelques rognons de plomb sulfuré à grandes facettes; cette même argile se retrouve dans la même position à Chassenon et à Nègre-Souris, au dessus de Payré-sur-Vendée ; 2°. à la Vergne-des-Loges, sur la Vendée, le fond de la vallée est formé entièrement de roches de gneiss et de schistes, tandis que les hauteurs sont recouvertes de part et d'autre par un banc d'environ 3 décimètres de puissance, d'un poudingue quartzo-ferrugineux qui n'existe que par lambeaux, et qui tient dans quelques parties de beau minérai de fer oxidé très riche. Ce gisement, comme la plupart de ceux de ce genre que nous avons reconnus jusqu'ici, a servi autrefois à alimenter des forges à bras, et il offre dans l'étendue qu'il occupe une grande quantité de scories éparses çà et là.

Après avoir, dans ce qui précède, donné une idée de la composition de la plaine de Fontenay, nous allons dire quelques mots des marais qui la limitent au sud, puis nous donnerons une coupe des terrains qui s'observent sur les côtes depuis ces marais jusqu'à la craie.

5°. Des marais de la Sèvre.

Les marais que nous voyons sur les deux rives de la Sèvre-Niortaise, sur celles du Lay

et sur les côtes du golfe de l'Aiguillon et du Pertuis-Breton, occupent une étendue de 60 kilomètres en longueur, et de 10 à 15 kilomètres en largeur. Ils sont dus à un retour de la mer sur la plaine, qu'elle avait abandonnée. Ses eaux la déchirèrent, la creusèrent à une grande profondeur et y déposèrent une glaise compacte, qu'elles mirent à découvert par une nouvelle retraite. Quelques parties se trouvèrent assez élevées pour être à l'abri de l'inondation, ou assez solides pour résister à l'érosion : de là ces promontoires avancés de la plaine dans les marais ; de là aussi ce grand nombre de petites îles dont le sol, absolument semblable à celui de la plaine, atteste l'identité d'origine de l'un et de l'autre. Ces îles, élevées de 15 à 20 mètres au dessus des marais, sont généralement formées de bancs horizontaux de roches de l'étage inférieur oolitique.

A l'île d'Elle, près Marans, nous avons trouvé au niveau de l'Autise, une marne schisteuse bleuâtre, avec quantité d'ammonites communes, de bélemnites à une gouttière, et de térébratules à un pli, et sur celle-ci 3 mètres environ de marne jaunâtre contenant également l'ammonite commune, puis un calcaire bleuâtre supérieur assez semblable à celui qui accompagne les marnes de Saint-Claud.

Les îles de la dune et de Saint-Michel-en-l'Herne, sises à deux lieues et demie au sud-ouest de Luçon, nous ont offert au contraire un calcaire compacte grisâtre, avec rognons disséminés de fer sulfuré, fibreux, radié, et pétrifications nombreuses de bélemnites à une gouttière, ammonites striées, et encrinites rondes ou pentagones.

C'est entre ces deux dernières îles que sont comprises les trois buttes coquillières de la métairie des chaux, qui ont été décrites par M. Fleurian de Bellevue, et que l'on suppose avoir été laissées par la mer lors de son dernier abaissement, quelque difficile qu'il soit d'ailleurs d'expliquer comment l'ancienne mer s'élevant alors à 20 mètres au dessus de son rivage actuel, ces buttes soient les seules que l'on observe dans l'étendue des marais.

Quoi qu'il en soit, ces marais formant de vastes plaines horizontales, qui sont toutes de $1^m,5$ à 2 mètres au dessous du niveau des plus hautes marées, et de 4 à 5 mètres au dessus des basses marées moyennes, ils paraissent être d'une date récente, ainsi que ceux qu'on observe sur les bords de la Charente et de la Seudre. Ils sont le résultat d'atterrissemens qu'on voit se continuer tous les jours, et les coquilles intactes qu'on trouve disséminées en petite quantité dans la glaise dont ils se composent sont toutes d'espèces marines modernes et jamais pétrifiées.

6°. Calcaires secondaires des côtes aux environs de La Rochelle (Pl. VIII).

La coupe menée le long des côtes, depuis l'embouchure de la Sèvre-Niortaise jusqu'à celle de la Charente, est une des plus intéressantes qu'offre l'étendue du bassin qui fait l'objet de la présente description. On voit dans cet espace, disposées en couches parfaitement parallèles et s'inclinant de 5 degrés environ vers le sud, des roches extrêmement variées.

L'intervalle qui sépare la Pointe d'Eynande de celle des Minimes est occupé par une formation de calcaire marneux bleuâtre et de calcaire argileux compacte blanc jaunâtre.

La Pointe d'Eynande montre, à sa partie su-

périeure, le calcaire argileux blanc jaunâtre, terreux, avec ammonites flexueuses, bélemnites unies à une ou trois gouttières inférieures, nautiles et nucules ; et dans sa partie inférieure, le calcaire marneux bleuâtre, passant à une marne schisteuse qui paraît s'étendre dans la baie du Pertuis-Breton et séparer les calcaires de cette partie de ceux de la côte d'Aiguillon.

Vers Marsilly, le calcaire devient plus argileux, plus blanc, plus tendre. Il contient une grande quantité de pholadomies inédites, parmi lesquelles on distingue les variétés bucardiformes et treillissées, des trigonies, quelques gervillies soléniformes, des térébratules à un pli, quelques moules de ptérocères, quelques lucines et modioles, beaucoup de cardites et d'unio ?

Enfin, aux pointes de chef de baie et des Minimes le même calcaire blanc argileux contient des impressions et moules de donaces, de bucardes, d'isocardes de turritelles et cérithes ? assemblées en grande quantité et par veines suivies, des polypiers (caryophyllies) disséminés en assez grande abondance, et aux Minimes quelques pétrifications de pinnes marines et ptérocères, (*P. Ponti et Tetracera.*)

C'est dans ce dernier calcaire et dans un calcaire marneux inférieur, qui doit se retrouver quelque part sur la côte, entre Laleu et Marsilly, qu'est creusé le canal de La Rochelle à Niort. A la Belle Croix, près Dompierre, on observe dans le calcaire argileux supérieur de ce canal des ammonites, pinnes marines, ampullaires, arches, térébratules, pholadomies, turritelles et caryophyllies ; tandis que nous avons trouvé dans le calcaire marneux bleuâtre

inférieur des térébratules disséminées, et des arches et turritelles disposées par veines.

Les divers fossiles des calcaires précédens présentent trois modes de pétrifications : les uns, comme les ammonites, pholadomies, trigonies, etc., sont des moules remplis par la roche calcaire elle-même ; on remarque en outre que parmi les ammonites les unes sont entièrement pleines, tandis que les autres ont les articulations libres et peuvent être déroulées. D'autres fossiles, tels que les bélemnites et térébratulites, présentent encore le têt de la coquille ; dans les bélemnites, ce têt est épais et fibreux, transverse, vide au centre ou rempli de matière sableuse ; dans les térébratulites ce têt, plus ou moins mince, est formé d'un calcaire corné rempli, au centre, de calcaire compacte. Enfin d'autres fossiles parmi ceux qui appartiennent aux coquilles turriculées, ne présentent qu'un moule vide, on en trouve aussi de cette espèce parmi les trigonies et les ptérocères.

Cette formation de calcaire compacte et marneux que nous venons de décrire a été rapportée jusqu'ici à l'étage inférieur de l'oolite, nous avions d'abord adopté nous-mêmes cette idée ; mais lorsqu'en recherchant aux environs de Mansle et au nord de Poitiers les roches qui devaient représenter l'étage moyen, que nous suivions d'une manière continue à droite et à gauche, nous ne trouvâmes que des calcaires argileux entièrement analogues à ceux-ci, nous fûmes naturellement amenés à penser que ces derniers pouvaient aussi fort bien être de cet étage moyen ; nous les avons depuis examinés plus attentivement et nous nous sommes con-

vaincus qu'en effet ils ne pouvaient être séparés des calcaires d'Angoulins, qu'on a toujours rapportés à cet étage. Les calcaires d'Eynande, à la baie des Minimes, contiennent un grand nombre de fossiles qui se retrouvent dans les calcaires à polypiers d'Angoulins. Les premiers renferment dans leurs masses supérieures des veines à polypiers, comme les seconds offrent dans leurs masses des veines de calcaire compacte. Il y a donc passage des uns aux autres. Le dépôt d'argile marneuse qui occupe la baie des Minimes et qui se montre au bas des Pointes-Duché et d'Angoulins, est à la vérité interposé entre ces calcaires ; mais les pholadomies, trigonies, modioles, pinnes marines et ptérocères que renferme cette marne sont les mêmes que ceux des calcaires compactes inférieurs et supérieurs ; on doit en outre remarquer qu'on n'y a point trouvé jusqu'ici la gryphée dilatée, qui caractérise l'argile d'Oxford.

A la Pointe-Duché (Pl. VIII) cette marne est immédiatement recouverte par une marne blanc jaunâtre à aspect rugueux, dans laquelle se trouvent une grande quantité de térébratules lisses à un pli, des encrines rondes, quelques ptérocères (*P. Ponti*), nautiles, limes et isocardes. Au dessus de celle-ci, est une masse de 5^{m} au moins d'épaisseur d'un calcaire grisâtre à grains fins, tissu serré, cassure compacte, aspect rugueux, surface raboteuse et dureté très grande, lequel paraît composé d'une certaine quantité de polypiers tubiformes vides ou remplis de calcaire spathique, et qui contient en grande abondance des encrines, la plupart rondes et quelques unes à poire, des serpules, des huîtres (rastel-

lites vésiculaires et pinnigènes), des plagiostomes, des oursins et pointes d'oursins; enfin, une sorte de gryphée ailée à laquelle la tête manque généralement. Ce calcaire offre sur quelques points des grains de quartz hyalin disséminés dans sa masse; d'autres fois, il contient quelques lamelles brillantes de mica. Des couches de calcaire compacte argileux blanc jaunâtre le séparent d'ailleurs des formations de la Pointe d'Angoulins.

Celles-ci présentent d'abord une oolite grossière (analogue à l'oolite d'Oxford), et qui se compose de grains pisolithiques blanchâtres de la grosseur d'un grain de millet à un pois, dans une masse de calcaire blanc compacte, terreux et lâche, tenant quelques coquilles turriculées et polypiers; puis, de nouvelles couches de calcaire compacte argileux jaunâtre, lesquelles sont recouvertes par un nouveau calcaire à polypiers. Celui-ci, qui nous semble représenter plus particulièrement le coral-rag, est un calcaire subgranulaire grisâtre parsemé de lamelles spathiques jaunâtres, provenant de débris d'entroques, et de points arrondis cristallins blanchâtres, qui sont des débris de polypiers : il est moins dur et de couleur moins foncée que le calcaire à polypiers de la Pointe-Duché, contient, comme celui-ci, des masses de polypiers tubiformes, mais s'en distingue par le grand nombre de polypiers réticulés qu'on y remarque associés à un calcaire saccharoïde blanchâtre; il renferme aussi une grande quantité d'huîtres vésiculaires et pinnigènes de M. d'Orbigny, et quelques plagiostomes disséminés. Enfin, au point où s'abaisse la côte d'Angoulins, se montre superposé aux roches

précédentes un calcaire argileux blanc jaunâtre, traversé de quelques veines de calcaire cristallin, lequel contient une grande quantité de débris d'encrines à lamelles spathiques jaunâtres et quelques points spathiques blanchâtres, restes de polypiers.

Parmi le grand nombre de fossiles qu'on trouve aux Pointes Duché et d'Angoulins, les huîtres sont à leur état naturel; les pinnigènes à têt fibreux transverse; les colonnes d'encrines sont formées d'un calcaire spathique violacé offrant un petit vide au centre: tous les autres sont composés de calcaire compacte; quelques uns de ces derniers ont d'ailleurs conservé leur têt, comme les térébratules et quelques plagiostomes. On remarque que le calcaire à polypiers tubiformes, dont le centre est occupé par du calcaire spathique, est très résistant; aussi l'emploie-t-on avec avantage non seulement à ferrer les routes, mais aussi comme pavés.

Les Pointes de Chatelaillon et du Rocher, qui font suite à celle d'Angoulins, sont occupées par des roches de l'étage supérieur de l'oolite (Pl. VIII).

A Chatelaillon, on trouve d'abord une formation d'argile marneuse qui représente l'argile de Kimmeridge. Elle se compose d'un banc supérieur à veines de gryphées blanches striées, qui nous ont paru être la gryphée virgulée, et d'un banc inférieur très coquillier, dans lequel nous avons trouvé une grande quantité de fossiles des genres ammonite, unio, mye, rostellaire, isocarde (cœur et striée), bucardes, térébratules (perovales), oursins, etc.

Cette formation d'argile marneuse est recou-

verte d'une oolite à grains pisolithiques blanchâtres ou jaunâtres de la grosseur d'un grain de millet, empâtés par un calcaire cristallin grisâtre que traversent des veines de calcaire spathique, et qui paraît représenter l'oolite de Portland. Cette oolite renferme à Chatelaillon beaucoup de débris de coquilles (nummulites?), qui lui donnent l'aspect d'une lumachelle; tandis que, près des Trois-Canons, elle contient des pétrifications bien conservées de moules, d'isocardes, bucardes, nérites, etc.

Au Rocher, une lumachelle bien caractérisée, formée de calcaire subgranulaire grisâtre et de débris de coquilles de gryphées virgulées, alterne avec un calcaire argileux compacte jaunâtre, à cassure terreuse, et tous deux recouvrent une marne bleue qui contient également la gryphée virgulée, et qui nous paraît devoir passer au dessus de l'oolite de Chatelaillon.

Une formation de grès vert sépare, sur la côte que nous suivons ici, le terrain d'oolite de celui de craie; cette formation ne se montre, du reste, que dans les parties inférieures des Pointes de Fouras et de Pied-de-Mont, où elle est immédiatement recouverte par la craie inférieure (Pl. VIII). Elle se compose sur ces deux points : 1°. de marne feuilletée noirâtre avec cristaux disséminés de gypse, fragmens épars de lignite, et quelques rognons ferrugineux disséminés (Pied-de-Mont); 2°. de calcaire subgranulaire grisâtre, à structure serrée, surface raboteuse et pétrifications nombreuses d'ichthyosarcolites, lequel alterne avec un sable calcaire à nummulites et est recouvert par une nouvelle couche d'argile marneuse; 3°. enfin, de sables calcaires verdâtres à *gryphæa secunda*, nummu-

lites et veines de grès siliceux lustré. Ces diverses couches sont recouvertes par une craie grossière, grisâtre ou blanchâtre, sableuse ou non, dans laquelle on trouve encore quelques nummulites et une grande quantité de pétrifications des genres ichthyosarcolites, miliolites, turritelles, pectinites, rastellites, échinites et caryophyllites.

La Pointe de Pied-de-Mont présente cela de particulier, que les couches qui la composent, toujours dirigées de l'est à l'ouest, ne s'inclinent plus de 4° à 5° au sud, comme celles de Fouras, mais bien de 30° au nord, par suite sans doute d'un affaissement qui a eu lieu dans la baie de Fouras.

Quoi qu'il en soit, l'argile marneuse feuilletée, qui forme la base de Pied-de-Mont, contient, ainsi que celle qu'on observe en quelques autres points sur la rive droite de la Charente, des nids disséminés de gypse cristallin, mais toujours rares et peu abondans. Cette même argile passe encore au dessous du village de Saint-Froult, où des puits l'ont fait reconnaître au niveau de 5 mètres, et là elle renferme un banc d'environ 1^{m},5 d'épaisseur d'un gypse fibreux saccharoïde ou lamellaire, sur lequel on commence à diriger quelques travaux d'exploitation. Au dessus de cette dernière argile, on ne retrouve plus d'ailleurs les roches de grès vert qui la recouvrent ordinairement, mais bien une craie grossière irrégulière ou compacte, dans laquelle sont des pétrifications nombreuses de bucardes, peignes, myes, miliolites, etc., et qui diffère beaucoup, par l'aspect, des craies inférieures à miliolites décrites ci-dessus. Ce dernier fait annoncerait-il qu'il y a eu entre l'époque du dépôt de la marne gypseuse et celle du dépôt de cette craie

grossière un assez long intervalle, pendant lequel les couches de grès verts qui devaient primitivement recouvrir cette marne auraient été enlevées?

Des terrains secondaires à la limite du terrain schisteux des Deux-Sèvres.

Au terrain schisteux et élevé des Deux-Sèvres, succède un terrain de plaines calcaires qui, se joignant à la plaine de Luçon, s'étendent au sud jusqu'à la limite du département, tournent les marais de la Sèvre et se lient aux plaines de la Charente. Les limites de ce terrain de plaines et du terrain schisteux, passent environ par Pissote, St.-Michel-le-Clou, Chassenom, Payré-sur-Vendée, Foussay, Beugné, Xaintray, Cours, Champeaux, Clavé, Ménigoute, les Forges, Vandéloigne, la Peyrate, Gourgé, Maisoutier et Boussay. Trois coupes menées par Champdeniers, St.-Maixent et Sanxais suffiront pour en faire connaître la composition.

1°. Coupe de Champdeniers, à Niort et à St.-Jean-d'Angely.

1°. Dans les environs de Champdeniers à Xaintray, on voit reposer immédiatement sur les schistes talqueux de Pamplie une formation en bancs à peu près horizontaux, laquelle est entièrement semblable à celle observée à la Réorthe, près Ste.-Hermine, qui appartient comme celle-ci à l'assise supérieure du lias, et se compose de calcaire brunâtre cellulaire rugueux coquillier, et de macigno, ou grès calcaire également coquillier.

A Niort, on voit partout autour de la ville deux calcaires différens, qui reposent sur une marne que les puits ont fait reconnaître et qui correspondent, avec celle-ci, à l'étage inférieur de l'oolite. Le calcaire inférieur est un calcaire grisâtre à texture subgranulaire et structure serrée, dans lequel on trouve une grande quantité de fossiles, des genres bélemnites, ammonites, or-

bulites, nautiles, pecten (*P. obscurus*), pleurotomaires, cames et unio concinna; ce calcaire forme des bancs de 0m,5 d'épaisseur, il est très résistant et fournit des pavés d'échantillons. Le calcaire supérieur est blanc, à cassure terreuse et structure lâche; il est disposé en bancs épais de 0m,17, d'où on tire de belles pierres de construction et dans lesquels on trouve aussi quelques fossiles, mais moins abondans, d'ammonites communes et carénées, et de térébratules à un pli. A Prahecq, les couches superficielles de ce dernier calcaire s'élèvent en plaques minces, dont on se sert pour couvrir les maisons.

Près Beauvoir, commence à paraître un calcaire argileux compacte blanc, qui contient quelques ammonites et qui, assez semblable à celui inférieur des côtes, nous semble appartenir déjà à l'étage moyen de l'oolite.

A St.-Etienne, ce calcaire fait place à un calcaire argileux blanc très coquillier, entièrement analogue à celui de La Rochelle, et dans lequel on trouve quantité de turritelles, cérites, trigonies, etc.

A Villeneuve, le sol se compose de couches alternatives de calcaires compactes blanchâtres et de calcaires grisâtres à entroques, lesquelles comprennent un banc de calcaire compacte ou cristallin, avec polypiers tubiformes ou réticulés. Non loin de là, on voit au sud de Villeneuve un grès calcaire (calcareous-grit?) qui semble appartenir au même étage, et dans lequel on observe un grand nombre de fossiles des genres pholadomies, pinnes marines, gryphées, ptérocères, etc.....

De Loulay à Asnières, par delà St.-Jean-d'An-

gely, alternent en bancs de 2 à 3 décimètres au plus de puissance, inclinés généralement de 5 à 10 degrés au sud, un calcaire compacte et une lumachelle, qui ont les plus grands rapports avec les roches de ce genre observées à Ruelle, près d'Angoulême, et qui, comme elles, appartiennent à l'étage supérieur de l'oolite. Le calcaire compacte est blanchâtre, à cassure unie ou terreuse, à tissu plus ou moins serré; il contient des nodules de calcaire siliceux, et est généralement très gélif. La lumachelle, formée de calcaire subgranulaire avec débris empâtés de coquilles, dont quelques unes entières présentent la gryphée virgulée et l'anatine treillissée, est très résistante à la gelée et fournit de bons moellons.

Ces derniers calcaires sont immédiatement recouverts, près de Nantillé, par un calcaire oolitique à grains sphéroïdaux très fins et juxtaposés, lesquels sont formés d'un calcaire compacte blanchâtre, ayant au centre un noyau de calcaire cristallin grisâtre; la grande adhérence de ces grains et leur dureté donnent à la roche un aspect arénacé et une sensation rude au toucher. Ce calcaire contient des bancs de même nature, renfermant une grande quantité de fossiles, dont la plupart paraissent se rapporter au genre trigonie; il semble lui-même être l'analogue des oolites de Chezmontet, près Angoulême, ou du portlandstone d'Angleterre.

Au sud de cette oolite, au village du Pin de Nantillé, court de l'est à l'ouest un petit vallon, dans lequel se trouve un dépôt de gypse non recouvert. Ce gypse y est à la profondeur de 5m, en blocs ou amas disséminés sans ordre dans une argile marneuse feuilletée noirâtre, épaisse

d'environ 1 mètre, et à l'état fibreux saccharoïde ou lamellaire grisâtre; on l'exploite par tranchées, et on le transporte à Saint-Jean, où il se débite. Ce gîte, placé entre l'oolite supérieure de Nantillé et la craie des environs de Brizembourg, se trouve absolument dans la même position que celui de Rochefort; il doit donc, comme ce dernier, appartenir au grès vert.

2°. Coupe de St.-Maixent à Melle.

Vers Saint-Maixent, les roches qui constituent le sol du Bocage reparaissent encore dans l'étendue de la plaine, soit dans les bas-fonds, comme à Regné, Fressine et Saint-Martin près Melle; soit en sommités saillantes au jour, comme à la Mothe-Sainte-Hérayе. De là vient que les calcaires de la partie supérieure du lias, que nous avons vus être si peu abondans jusqu'ici, le sont davantage dans cette partie.

Saint-Maixent est situé au pied de la chaîne de collines médianes du bassin secondaire, sur la rive droite de la Sèvre, au point où celle-ci change de direction et s'encaisse entre des coteaux rapprochés, rapides et élevés. Ceux qui bordent la rive gauche sont très intéressans, une coupe (Pl.VIII) passant de Beau-Soleil à Gentray, et la Roche du Diable pourra donner une idée des roches variées qui les composent.

Les fonds de la vallée de la Sèvre et du vallon de la Roche du Diable sont occupés par un terrain ancien, disposé en couches dirigées de l'est à l'ouest, et plongeant de 70 à 80 degrés au sud. En face de Beau-Soleil, ce terrain est uniquement composé de gneiss, tandis qu'à la Roche du Diable il contient des couches subordonnées d'amphibolite schistoïde et compacte. Là, ces roches sont d'ailleurs traversées d'un filon dirigé du

nord-est au sud-ouest, puissant d'environ 0m,66 et formé d'un quartz blanc laiteux demi-transparent, avec petites pointes disséminées de fer sulfuré et veines noirâtres ferrugineuses. Au dessus de ces roches anciennes se trouve, du côté de Gentray, un grès quartzeux à gros grains, qui n'a guère que 3 mètres de puissance et qui n'apparaît que dans cette partie; à celui-ci succède un calcaire brunâtre, brillant, cellulaire et rugueux, tantôt plus ou moins calaminaire et tantôt mélangé de baryte sulfatée. Ce calcaire alterne avec un calcaire compacte grisâtre, à cassure conchoïde, et fait place plus haut à un grès effervescent, composé de quartz hyalin grisâtre et de feldspath blanc compacte ou terreux, dans lequel sont quelques bélemnites et des encrines étoilées, formées de calcaire spathique blanc jaunâtre. Ce grès contient quelques veines entièrement siliceuses, beaucoup de baryte et de galène disséminés en veinules ou petits nids: c'est surtout sur le coteau du moulin de Latil qu'il est le plus abondant; on le voit, du côté de Gentray, passer dans ses parties supérieures à un calcaire grenu et cellulaire, qui a de grands rapports avec les dolomies, et dans lequel on trouve aussi quelques bélemnites. Cette formation de grès et de calcaire est recouverte par un calcaire marneux bleuâtre et fétide, avec huître gryphoïde, plagiostome gigantesque, peigne équivalve, ammonite, came et trochus; par une marne jaunâtre à ammonites communes, et par un calcaire blanc suboolitique; enfin un banc d'argile rougeâtre avec fer en grains et silex pyromaque couronne toutes les hauteurs.

Il est évident, d'après tout ce que nous avons

vu jusqu'ici, que le grès quartzeux du vallon de la Roche du Diable correspond, comme celui de Thiviers, au quadersandstein; que le calcaire barytifère et le calcaire compacte avec lesquels il alterne, que l'arkose métallifère et le calcaire grenu avec lesquels il est lié, représentent l'assise supérieure du lias; tandis que le calcaire bleu fétide, la marne à ammonites, le calcaire suboolitique et la formation siliceuse qui recouvre toutes les hauteurs entre St.-Maixent et Niort, correspondent à l'étage inférieur de l'oolite.

Sur les coteaux de la rive gauche de la Sèvre, il existe d'ailleurs, près de Souvigné et Regné, un dépôt de quartz-agate molaire, analogue à celui de Lussac-les-Châteaux.

La petite ville de Melle, bâtie sur le coteau qui sépare les vallons de la Légère et de la Béronne, présente un aspect assez riant, un sol excellent et surtout un grand nombre de prairies très fertiles. Les deux ruisseaux qui les arrosent coulent entre des coteaux élevés d'environ 16 mètres au dessus du niveau de leurs eaux, et offrant du bas en haut la succession des roches suivantes :

1°. Des couches alternatives de calcaire dolomitique et de grès (arkose), qui sont superposées sur une hauteur d'environ 6 à 7 mètres. Ces roches sont en bancs horizontaux, que l'on voit, près de St.-Martin, reposer immédiatement sur le granite.

Le calcaire est brunâtre, lamellaire, chatoyant, assez dur, épais d'environ 6 décimètres, et tenant des pétrifications de bélemnites (*B. apicicurvatus*), et pectinites (*P. equivalvis*); ce calcaire est plus ou moins celluleux et parsemé de mouches

ou veinules de galène avec baryte sulfatée. Dans ses cavités, ainsi qu'entre ses lits, on voit une argile rougeâtre renfermant aussi du plomb sulfuré.

Le grès est formé de silice noire compacte et de feldspath blanc terreux; il n'a ordinairement que de 3 à 5 décimètres d'épaisseur. Il passe soit à un quartzite porphyroïde, soit à une roche siliceuse pure; dans l'un et l'autre état, il contient d'ailleurs quelques parties de galène à grains d'acier disséminées dans sa masse.

2°. Un calcaire marneux bleu fétide, peu puissant, avec huîtres gryphoïdes, ammonites striées, trochus, térébratule globuleuse, bélemnites à une gouttière.

3°. Un calcaire blanc compacte à cassure terreuse, lequel est disposé par bancs de 3 à 5 décimètres d'épaisseur, qui contient un grand nombre d'ammonites, bélemnites et pectinites, et qui passe, dans quelques parties, au calcaire oolitique.

4°. Enfin, un dépôt assez mince de fer en grains, répandu dans une argile avec une quantité de silex en rognons.

Si on compare les roches des environs de Melle à celles de Saint-Maixent, on voit que le grès siliceux blanc et le calcaire magnésifère, qui, dans ce dernier lieu, reposent immédiatement sur le granite, manquent dans le premier; que le calcaire dolomitique et le grès feldspathique qui recouvrent, à Melle, cette roche ancienne, sont l'analogue de l'arkose plombifère et du calcaire lamellaire de Saint-Maixent, enfin que la marne bleue fétide et les calcaires blancs supérieurs sont les mêmes dans l'une et l'autre localité.

Tout le pays, de Melle à Briou et Chef-Boutonne, est formé de ces calcaires blancs suboolitiques appartenant à l'étage inférieur. A Chef-Boutonne, on trouve une oolite spathique à taches brunes et jaunes, qui contient de la baryte sulfatée lamellaire disséminée, et quelques polypiers. Cette roche barytifère y est disposée en bancs épais, elle nous paraît analogue au calcaire barytifère d'Alençon qu'a décrit M. Desnoyers, et devoir appartenir, comme celui-ci, à l'étage moyen. Aux environs de Briou, on ne voit qu'un calcaire argileux blanc compacte, qui contient quelques ammonites communes, ressemble au calcaire de Beauvoir et à celui inférieur des côtes, près La Rochelle, et qui, par la position qu'il occupe ici, ne peut être rapporté qu'au même étage moyen.

Les premières roches de l'étage supérieur commencent à paraître vers les Educts, et se poursuivent jusqu'à Matha : ce sont généralement des calcaires compactes, à gryphées virgulées, semblables à ceux de Loulay.

De Matha à Cherves, domine ensuite un calcaire lumachellaire blanc à pâte craïeuse, qui, sur quelques points, paraît formé d'un nombre infini de petites coquilles indiscernables, tandis qu'ailleurs il prend un aspect oolitique par une aggrégation d'êtres marins, parmi lesquels on distingue quelques miliolites, et que, dans d'autres parties enfin, il passe à un calcaire argileux compacte, dans lequel on trouve quelques peignes, myes et autres fossiles de la craie. Cette formation s'étend à l'est de Reparsac, Sicogne et Foussignac ; elle doit être rangée dans la craie inférieure et sépare l'oolite supérieure des craies

grossières à miliolites et ichthyosarcolithes de Saint-Sulpice et Molidars.

Enfin, près de Cherves, au village de Croix-de-Pic, se trouve dans un bas-fonds assez étendu un dépôt gypseux, qu'on y exploite depuis un grand nombre d'années, et qui fournit à la consommation des départemens de la Charente et de la Charente-Inférieure. Ce gypse gît à 3 mètres de profondeur, au milieu d'une marne grise ou noirâtre feuilletée, dans laquelle il forme un banc de 1m6 d'épaisseur, consistant en blocs de toute grosseur posés sans ordre à côté les uns des autres et séparés par des veines mêmes de marne, qui s'interposent en tous sens. A Cherves même, on voit cette marne gypseuse immédiatement recouverte par un sable ferrugineux et un grès vert à gryphæa columba, que surmonte une craie grossière à miliolites.

A Molidars, près Hiersac, il existe dans une position entièrement semblable un nouveau dépôt de gypse, qui a été reconnu en approfondissant un puits, et dont on n'a point encore cherché à tirer parti.

3°. Coupe de Sanxais à Lusignan.

A Sanxais, le terrain ancien des Deux-Sèvres fait une pointe dans la Vienne : là, le granite se montre dans la vallée de la Vonne, où il est immédiatement recouvert d'une formation horizontale peu abondante de calcaire compacte gris jaunâtre, à cassure unie, lequel contient de la galène et de la calamine disséminées en petits nids et veinules, et qui alterne avec des veines d'ocre jaune légères et quelque peu calaminaires, et avec des bancs de psammite quartzeux ou de quartzite gris brunâtre.

Cette formation de lias n'est point recouverte

ici, mais elle est remplacée à l'est de Sanxais par des calcaires de l'étage inférieur oolitique, au dessus desquels on trouve, comme entre St.-Maixent et Sanxais, des dépôts siliceux et argilo-ferrugineux.

Les calcaires de Lusignan sont ou des calcaires compactes suboolitiques avec rognons nombreux de silex et térébratules striées, comme au dessous de la ville, ou des calcaires compactes à cassure unie et des calcaires lamellaires, comme sur le coteau de la rive gauche de la Vonne.

On cite dans ces calcaires, au village de Chassenon, des grottes dont le sol et la voûte sont garnis de très belles stalactites et stalagmites translucides.

Au nord de Sanxais, nous ne retrouvons plus, à la limite du terrain ancien, le terrain de lias que nous avons vu y former une bande continue depuis les environs des sables jusqu'en ce point. De la Ferrière à Airvault viennent immédiatement s'adosser aux schistes de transition des calcaires subgranulaires grisâtres, à texture serrée et pétrifications nombreuses de pecten, pleurotomaires, trochus, ammonites, etc., ou des calcaires suboolitiques à entroques contenant des veines abondantes de silex, tandis que toutes les hauteurs sont couvertes d'une argile rougeâtre avec fer en grains et silex pyromaque.

TROISIÈME PARTIE.

Des roches secondaires situées au centre du bassin.

Nous avons dit, dans l'introduction, que le bassin secondaire, dont nous donnons la descrip-

tion, était traversé, de l'est à l'ouest, par une chaîne de collines médianes : c'est par elle que nous commencerons l'exposé des dernières observations qui nous restent à consigner, attendu, d'une part, que les roches qui la composent sont les plus anciennes de toutes celles qui l'environnent, et, d'autre part, que celles-ci présentent une double pente au nord et au sud de cette chaîne, sur laquelle elles viennent s'adosser.

La chaîne dont nous parlons part des environs de la Péruse et passe par Saint-Martin, Epenéde, la Chapelle-Bâton et Saint-Romain, en suivant une ligne droite qui va du sud-est au nord-ouest. A Saint-Romain, elle tourne au sud vers Romagne et Villaret, puis reprend sa première direction au nord-ouest et passe par Montalembert, la Chapelle, les Alleuds et Saint-Vincent; enfin de ce dernier lieu elle va vers la Barre, Chey, Saint-Sauvant, la Ville-Dieu et la Chalonnière, où elle se lie au plateau de la Vendée.

Composition de la chaîne médiane.

Dans la partie de cette chaîne, qui est à l'est de Champnier, nous avons déjà vu que les hauteurs étaient couronnées par une formation argilo-jaspo-ferrugineuse, qui appartient à l'étage inférieur de l'oolite, tandis qu'au dessous apparaissent à Pleuville, Joussé et Payroux des marnes schisteuses à lignite, qui représentent les couches inférieures du même étage, et que recouvrent des calcaires suboolitiques ou marneux.

La partie occidentale comprise entre Melle et Saint-Maixent est formée, au contraire, de roches de granite et de lias, que nous avons décrites aux coupes passant par ces villes et au dessus desquelles s'élèvent des calcaires suboolitiques.

Quant à la région moyenne, qui s'étend de Melle à Saint-Romain, la composition de cette partie de la chaîne se rapproche beaucoup de celle de sa partie orientale. La marne argileuse en forme encore le noyau; elle occupe toute sa largeur, a presque partout plus de 15 à 20 mètres d'épaisseur, et contient, dit-on, une grande quantité d'ammonites pyritisées. Ici, cependant, cette marne n'est plus recouverte par l'argile jaspoïde, mais par une couche siliceuse formée de blocs plus ou moins gros de quartz pyromaque engagés dans une argile ocreuse, qui a tout au plus 2 à 3 décimètres d'épaisseur. Cette argile tient disséminés, dans les communes de Vaussais, Montalembert et Mairé, quelques dépôts plus ou moins considérables de minérais de fer oxidulé hydraté brunâtre, en grains compactes ou concentriques, liés entre eux par un ciment argileux. Près Caunay, elle paraît d'ailleurs recouverte par un petit dépôt de quartz agate molaire, à pâte homogène et compacte, d'un blanc bleuâtre ou quelquefois un peu rougeâtre et d'une grande dureté. Le banc est horizontal, et composé de blocs d'environ 4 décimètres d'épaisseur, lesquels sont très serrés les uns contre les autres. On y remarque un grand nombre de tubulures sinueuses; on y indique aussi un grand nombre de petits coquillages pétrifiés et à l'état siliceux : d'après tous ces caractères, ce banc se rapporte évidemment à la couche supérieure du silex molaire du deuxième terrain d'eau douce.

Terrains au nord de la chaîne.

Le terrain au nord de cette dernière partie de la chaîne offre une vaste plaine, composée, en grande partie, de calcaires de l'étage inférieur de

l'oolite, du milieu desquels s'élèvent en quelques points, près de Poitiers, des roches de granite et de lias, et qui sont séparés des terrains de craie du Berry par deux zones peu étendues d'oolite moyenne et de grès vert.

Le terrain d'oolite inférieure s'étend ici depuis la chaîne jusqu'à la vallée de l'Auzance, à une lieue et demie au nord de Poitiers. De Limalonges à Couhé, il se compose de calcaire compacte argileux, à cassure unie ou terreuse, disposé en couches régulières de $0^m,5$ environ de puissance, qui plongent de 4 à 5 degrés au nord, et qui tiennent beaucoup d'ammonites communes, de térébratules perovales et de peignes obscurs. Ce calcaire tient en outre quelques veines de calcaire sublamellaire, grisâtre, à encrines; on l'exploite, à Traversay, pour pierre de taille, mais il est généralement gélif.

Dans l'intervalle de Couhé à Chasseneuil, au nord de Poitiers, les calcaires compactes sont remplacés par des calcaires suboolitiques et à entroques, offrant la même inclinaison et se présentant en bancs alternatifs. Les calcaires lamellaires à entroques, dont la texture spathique est due aux entroques qui les composent presque uniquement, s'observent très bien auprès de Couhé, où ils sont en bancs puissans, grisâtres et résistans.

Les calcaires suboolitiques sont blanchâtres ou grisâtres, à cassure terreuse, à petits grains disséminés confusément dans une pâte terreuse et entremêlés de plus ou moins de lamelles ou débris d'entroques. Ils renferment quelques pétrifications rares de pectinites et bélemnites, et de nombreux rognons ou veines de silex qui

se fondent avec eux. Ils accompagnent les calcaires à entroques de Couhé, se voient à Vivonne et Gençay, et abondent surtout aux environs de Poitiers, où ils fournissent la plupart des pierres de construction nécessaires à cette ville.

C'est au milieu de ces calcaires suboolitiques qu'apparaît au port Seguin, près Poitiers, un petit dépôt de granite à grains moyens, composé de feldspath rosacé, mica noir et quartz gris, qui s'élève jusqu'à mi-côte de part et d'autre de la vallée du Clain, et sur lequel viennent s'appuyer des bancs puissans de dolomie. Cette dernière roche s'observe encore dans les vallées latérales de Ruffigny et des roches près Marie, et, là, ses bancs inférieurs contiennent beaucoup de silex noirs, tandis que ses bancs supérieurs se lient au calcaire à silex de l'étage inférieur de l'oolite.

A Croutelle, le granite a été retrouvé à 14 mètres de profondeur : sur ce point, il était verdâtre, altéré, composé de mica talqueux, de feldspath kaolinique et de peu de quartz grisâtre. Il était immédiatement recouvert d'une couche peu épaisse d'un grès calcaire avec fragmens rares de bois fossile, puis d'une marne schisteuse à lignite, passant à un calcaire marneux fétide et contenant des ammonites pyritisées, des gryphées cymbium et autres fossiles de l'étage inférieur de l'oolite.

Dans l'étendue occupée par les calcaires suboolitiques, on trouve en outre, aux environs de la Ferrière et de Verrières, avec quelques roches de jaspe et silex disséminés, une couche étendue d'argile jaunâtre ferrugineuse, laquelle renferme une grande quantité de grains irréguliers d'un fer oxidé argileux analogue à celui d'Availles,

tandis que près de Poitiers et de Croutelle on observe quelques roches de jaspe diversement colorées et des dépôts d'argile à poterie.

A ces calcaires suboolitiques succèdent d'ailleurs, à l'est de Poitiers, des calcaires à oolites irrégulières, et, au nord de cette ville, des calcaires compactes argileux, qui doivent, comme ceux-ci, appartenir à l'étage moyen.

Tout le pays compris entre Toulon, Saint-Julien-l'Ars, Chauvigny et Naillier, au nord de Saint-Savin, est formé de calcaires à oolites distinctes, qui sont disposés en couches régulières, plongeant de 5 à 6 degrés vers le nord-ouest. Ces oolites sont à petits grains juxta-posés, de la grosseur d'un grain de millet, alors la roche a une texture serrée, est susceptible d'un beau poli et fournit de belles pierres de taille ; ou elles sont à grains de la grosseur d'un pois, et plus disséminés irrégulièrement dans une masse de calcaire cristallin, et alors la roche est de texture grossière et contient quelques polypiers et pétrifications des genres turriculés. Dans l'un et l'autre cas, les sphéroïdes sont composés de calcaire compacte.

Au dessus de ces calcaires repose, dans la vallée de la Gartempe, un calcaire saccharoïde ou suboolitique à pâte cristalline, lequel forme, sur environ une lieue d'étendue, des masses saillantes à aspect rugueux et texture cellulaire, qui contiennent une grande quantité de polypiers et correspondent très bien au coral-rag des Anglais. Vers Bonneuil-Matours, les oolites précédentes sont remplacées au contraire par un calcaire suboolitique, à pâte cristalline, avec débris d'encrines.

Dans l'intervalle de la vallée de Lauzance à Vouzailles, Charais et Jaulnais, on observe partout un calcaire argileux compacte, contenant une grande quantité d'ammonites communes et épineuses. Ce calcaire est très différent des calcaires suboolitiques à entroques qui le supportent; il se trouve dans la même position que les calcaires à oolites irrégulières de Chauvigny, avec lesquels il paraît faire suite; les fossiles qu'il contient sont de ceux généralement reconnus pour appartenir à l'oolite moyenne, on ne peut donc le ranger que dans cet étage.

Quoi qu'il en soit, ce calcaire argileux compacte se remontre encore au nord de Jaulnais et Charais et jusqu'à la limite du terrain de craie qui va de Mirebeau à la Tricherie et Prinçay; mais ici il n'y a que les bas-fonds qui sont formés de ce calcaire, tandis que les hauteurs sont recouvertes de grès vert et ferrugineux.

Les grès ferrugineux se voient principalement aux environs de Massevaux et de Saint-Jean-de-Sauve; ils sont formés de grains irréguliers de quartz hyalin jaunâtre, juxta-posés, tiennent quelques lamelles disséminées de mica argentin et ne paraissent nulle part recouverts.

Les grès verts sont formés de quartz hyalin grisâtre, grenu, avec points verts disséminés de silicate de fer. Ils sont à texture grossière et non coquillière, comme à Dissais; ou à texture plus fine, effervescente, et chargés de gryphæa columba, comme près Mirebeau; ou, enfin, à tissu très serré et lustrés. A Dissais, on les voit reposer distinctement sur le calcaire argileux, compacte, qui forme le fond de la vallée du Clain en ce point, s'étendre sous une grande partie de la

forêt de Moulière, et supporter une formation de quartz agate molaire, en bancs irréguliers, engagés dans une marne argileuse. Ces meulières offrent deux variétés distinctes: l'une est brunâtre, à pâte grossière, et formée principalement de silex pyromaque; l'autre est à pâte fine, de couleur blanc bleuâtre, et toute criblée de petites cavités arrondies, contenant de la calcédoine mamelonnée. L'une et l'autre sont dépourvues de débris organiques et fournissent d'excellentes pierres pour la mouture du froment.

Le terrain de craie qui constitue le pays aux environs de Loudun, Mirebeau et Chatellerault offre des plateaux à versans brusques et des monticules arrondis à pentes raides. Il se compose de craie chloritée et de craie-tufau. La craie chloritée repose sur les grès et sables verdâtres de la formation du grès vert, et forme la base des sommités de craie-tufau; elle est à pâte grossière subcristalline ou à pâte fine ou terreuse, et contient, dans l'un et l'autre état, une grande quantité de fossiles, parmi lesquels on remarque surtout la gryphæa columba. La craie-tufau, qui surmonte partout la craie chloritée, est jaunâtre ou blanc grisâtre, sableuse, micacée et friable; elle est disposée en bancs puissans, dans lesquels on a creusé d'immenses cavernes, qui fournissent des pierres de taille d'une facile extraction; elle contient, près de Châtellerault, une grande quantité de pétrifications, des silex blonds disséminés sur un grand nombre de points, et, à la hauteur de Mirebeau, des couches suivies d'un jaspe à teintes pâles.

Sur la plupart des sommités craïeuses, on remarque des jaspes ferrugineux et silex à teintes

foncées, qui gisent épars en gros blocs et paraissent se rapporter à l'étage des meulières, tandis que l'intervalle entre plusieurs de ces sommités est occupé par des roches de la formation du grès vert : celles-ci sont des marnes schisteuses à lignite et à gypses et des sables ferrugineux ou verdâtres, sous lesquels on observe encore en quelques points le calcaire argileux compacte de l'oolite moyenne.

Terrains au sud de la chaîne.

Les roches secondaires du centre, qui sont situées au sud de la chaîne médiane, offrent, dans l'intervalle de cette chaîne au terrain de craie d'Angoulême, les trois étages de la formation oolitique.

L'étage inférieur est composé à peu près de même que celui du nord, savoir : de calcaires suboolitiques à silex et de calcaires compactes, à cassure unie, polissables ou non.

Les calcaires suboolitiques, à cassure terreuse se voient aux environs de Montjean et Piouçay, et se prolongent à l'ouest en passant au nord de Chef-Boutonne. A Montjean, ils tiennent quelques ammonites communes, et sont disposés en bancs réguliers, qui plongent de 4 à 5 degrés au sud, et qui alternent avec un calcaire compacte grisâtre, un peu siliceux, dans lequel sont quelques bélemnites et des nodules disséminées de silex pyromaque.

Les calcaires compactes, polissables se trouvent aux environs de Civray ; on les observe surtout à la Bonardillière, où, sous une argile jaunâtre, avec fer hydraté globuliforme disséminé, et un calcaire compacte à herborisations et pétrifications nombreuses d'ammonites, nautiles, peignes et térébratules, reposent des bancs d'un calcaire-

marbre, compacte, que séparent quelques minces veines d'argile-glaise. Ce marbre offre trois variétés, l'une, d'un gris sans mélange, la seconde, d'un jaune pur, et la troisième, variée de rose et et de rouge foncé avec des taches jaunes. Découvert en 1773, il fut exploité pendant quelque temps, donna des plaques susceptibles de prendre un assez beau poli, mais fut bientôt abandonné, faute de débouchés.

Près de la même ville de Civray, un calcaire compacte, de même nature, forme, d'après M. Desvaux, sur le chemin de Roche à Savigné, un coteau, dans lequel sont des grottes qui contiennent de grandes masses d'un albâtre veiné de jaune-miel et de blanc pâle, approchant de celui appelé oriental, et que l'on commença aussi à extraire lors de l'exploitation du marbre de la Bonardillière.

Les calcaires compactes, plus ou moins argileux et à cassure unie ou terreuse, sont très abondans au nord-est de Ruffec. A Taizè-Aizie, ils montrent, avec une texture très serrée, une cassure conchoïde et des pétrifications d'ammonites et de térébratules; à Genouillé, ils ont une texture lâche, une cassure terreuse et sont tout pétris d'une grande quantité de térébratules perovales.

Au sud de Ruffec, ces calcaires compactes deviennent plus marneux; ils sont à texture plus lâche et disposés en couches plus minces, qui ne contiennent plus que quelques pétrifications rares d'ammonites. Ces derniers, par les rapports qu'ils offrent avec les calcaires compactes des côtes de La Rochelle et ceux du nord de Poitiers, nous semblent appartenir déjà à l'oolite moyenne.

et de la Vendée et les plaines craïeuses du Berry et de la Saintonge.

Ce bassin a partout peu de profondeur, ainsi que le prouvent les roches saillantes de granite qui apparaissent dans plusieurs de ses vallées. Il est traversé dans son milieu par une chaîne de collines peu élevées, de part et d'autre desquelles sont des plaines légèrement ondulées, qui ont une faible pente, les unes vers la Loire et les autres vers l'Océan.

Les roches qui constituent ce bassin secondaire peuvent être classées en quatre formations principales distinctes, savoir : lias, oolite, grès vert et meulière d'eau douce.

Formation de lias.

I. La formation de lias occupe, à la limite des terrains intermédiaires de la Vendée et des Deux-Sèvres, une bande continue d'environ une demi-lieue de largeur, depuis les Sables-d'Olonne jusqu'à Sanxais. Une semblable bande existe aussi à la limite des terrains primitifs du Limousin ; mais celle-ci n'est continue que dans l'intervalle de Thiviers à Nontron au Pont-Sigoulant, tandis que plus au nord le lias forme seulement des dépôts isolés, comme à Chéronie, Alloue, Bussière-Poitevine et Beaulieu, près Saint-Benoît-du-Sault. Enfin, ce même lias constitue encore quelques dépôts isolés au centre du bassin, comme à Melle, Saint-Maixent, Montmorillon, Lussac et Poitiers.

Cette formation de lias paraît se composer de deux étages de roches siliceuses et calcaires, disposées en couches généralement peu inclinées : le premier, peu coquillier et peu métallifère; le second, plus riche en fossiles et en métaux.

Etage inférieur du lias.

Le premier étage repose immédiatement sur

le granite ou les roches schisteuses anciennes, et il est recouvert ou par des roches du deuxième étage, ou par des jaspes manganésifères, ou par une marne à huître gryphoïde.

Cet étage se compose inférieurement de grès siliceux (quadersandstein) et de grès feldspathique ou quartzite (arkose); supérieurement, de calcaires calaminifères ou magnésifères et de grès calcaires.

Le grès siliceux blanc, à gros ou petits grains, se voit à Thiviers et à Saint-Maixent, où il recouvre immédiatement les roches anciennes et supporte les calcaires magnésiens et calaminaires. Dans l'un et l'autre lieu, il paraît dépourvu des fossiles qu'on observe dans ces derniers et ne pas se lier à eux; cependant, comme on a vu ailleurs (Saint-Hippolyte) des grès semblables alterner avec des calcaires de même nature, il nous semble qu'on ne doit point séparer les uns des autres.

Le quartzite à base de silex corné, à texture compacte ou porphyroïde et à pétrifications de modioles et de nérinées, occupe à Nontron la même place que le grès précédent : il prend, par altération, l'aspect d'un grès ferrugineux, et contient des veines et des nids de galène et de baryte sulfatées, qui pénètrent, en quelques points, dans le granite, mais sont toujours peu abondans et peu riches.

Le grès feldspathique (arkose), à gros ou petits grains, à texture granitoïde ou psammitique, repose seul entre le granite et les calcaires, comme à Brassac et l'Hermenault, ou se montre, dans la même position, allié au quartzite comme à Nontron. Il contient, comme les calcaires

qui le surmontent, quelques géodes siliceuses, quelques pétrifications peu abondantes de peignes et bélemnites (Thiviers), des fragmens disséminés de lignite (Nontron, Brassac), des nids de baryte sulfatée (l'Hermenault); enfin, de la galène et du manganèse oxidé disséminés (Chéronies).

Les roches calcaires, formant la partie supérieure de ce premier étage de lias, sont :

Un calcaire lamellaire, gris brunâtre, plus ou moins rugueux et cellulaire, avec des veines d'ocre calaminaire (Sanxais et Saint-Maixent), des nids et veinules de baryte sulfatée et de galène (mêmes lieux), et quelques pétrifications rares de bucardes et vis (la Réorthe). A Saint-Maixent, ce calcaire repose immédiatement sur le grès blanc (quadersandstein), et il alterne là avec un calcaire compacte, grisâtre, à cassure conchoïde. A Mareuil, au contraire, un calcaire de même nature recouvre immédiatement les schistes intermédiaires de cette partie.

Des calcaires généralement magnésifères : les uns sont compactes ou terreux, dendritiques et non-coquilliers, ce sont ceux auxquels, près de Thiviers, on donne le nom de calcaires castiniers; les autres, à texture saccharoïde, à aspect rude et reflets nacrés, contiennent des pétrifications de gryphites, ce sont les dolomies du lias; enfin, d'autres à structure globuliforme, à grains arrondis de la grosseur d'un grain de millet et à pétrifications de nucules, sont les oolites du lias : tous ces calcaires alternent entre eux et avec le grès calcaire suivant, et reposent à Thiviers sur le grès blanc précédent.

Le grès calcaire (macigno) est à pâte de cal-

caire magnésifère, jaunâtre ou gris brunâtre, à texture compacte ou terreuse, avec grains de quartz et parcelles de mica disséminés dans sa masse (Thiviers, Sanxais). Ce grès paraît intimement lié aux roches calcaires ci-dessus, dans lesquelles il forme des veines subordonnées; il contient quelques peignes, bélemnites et térébratules et des géodes tapissées de cristaux calcaires et barytifères (Thiviers).

Étage supérieur du lias.

Le second étage du lias repose sur le granite comme à Melle, ou sur le premier étage comme à Saint-Maixent et Alloue; il est recouvert ou par les jaspes manganésifères (Alloue), ou par la marne à huître gryphoïde (Saint-Maixent et Melle).

Cet étage nous a offert:

1°. Un grès feldspathique (arkose), allié à un calcaire magnésifère (dolomie). A Melle, l'arkose à pâte siliceuse forme des veines subordonnées au calcaire, et tient quelque peu de galène à grains d'acier; tandis que le calcaire, dans lequel on trouve quelques pétrifications de bélemnites et pectinites, renferme des nids et veinules abondantes de galène à grandes facettes.

A Saint-Maixent, l'arkose est à pâte calcaire, effervescente; il tient, avec des bélemnites et encrines étoilées, des nids et veinules abondans de galène et baryte sulfatées, tandis que le calcaire dolomitique, auquel il est inférieur, est stérile.

2°. Un quartzite compacte, noir, et un calcaire sublamellaire, gris jaunâtre (Alloue), le quartzite forme en ce lieu des bancs puissans au dessus des calcaires magnésifères du premier étage, et renferme en assez grande abondance des mi-

nérais de galène et de blende, qui ont été recherchés par les anciens. Le calcaire en bancs peu épais séparés par des veines argileuses ne tient que quelques nids rares de galène. Le quartzite et le calcaire renferment d'ailleurs les mêmes fossiles, ce sont des bélemnites, ammonites, plagiostomes.

3°. Enfin, le calcaire marneux fétide, bleuâtre, qui, à Saint-Maixent, sépare la formation supérieure d'arkose et de dolomie de celle de marnes à ammonites communes, et qui, à Mareuil, sépare le calcaire calaminaire de la marne à huître gryphoïde, nous semble former la dernière assise de cet étage. On y trouve, en effet, dans ces deux lieux la bélemnite apicicurvatus et le pecten equivalvis, et en outre à Mareuil la gryphæa cymbium, et à Saint-Maixent, le plagiostoma gigas, tous fossiles qui appartiennent au lias et qu'on ne retrouve plus dans les marnes supérieures. Il est bien vrai qu'à Saint-Maixent ces fossiles sont encore accompagnés de quelques trochus et huîtres gryphoïdes, fossiles que nous rapportons à l'oolite inférieure; mais cela prouve seulement qu'à la jonction des deux formations il y a eu des mélanges.

Si nous comparons les deux étages de lias que nous venons de considérer, nous voyons, dans l'un et l'autre, des grès feldspathiques et des calcaires magnésiens; dans l'un et l'autre, des fossiles et des métaux, qui, par leur nature et leur mode de dissémination, ont les plus grands rapports entre eux : dès lors la distinction établie pourra, au premier abord, paraître peu motivée. Voici les raisons qui nous l'ont fait adopter : nous avons remarqué l'existence, dans

le premier étage, de ces calcaires calaminaires qu'on ne trouve point dans le second ; nous avons vu que les fossiles étaient généralement moins répandus dans l'étage inférieur; que si quelques bancs particuliers de cet étage en contenaient avec quelque abondance, ces fossiles étaient alors différens de ceux de l'étage supérieur; enfin, nous avons observé que les veines et nids de galène et de blende étaient beaucoup plus suivis dans cet étage supérieur; que c'était sur les roches de celui-ci que les anciens avaient dirigé des travaux fort étendus, tandis qu'on n'en trouve point dans les roches de l'étage inférieur, et que les tentatives faites récemment sur ces dernières ont été entièrement infructueuses. Toutes ces différences nous ont semblé assez importantes pour mériter d'être notées; nous ne voulons pas dire, du reste, qu'il y ait eu le moindre intervalle entre les dépôts de ces deux étages.

Quoi qu'il en soit, la formation de lias, que nous considérons ici, est disposée en couches inclinées généralement de 5 à 15 degrés entre les roches anciennes et celles oolitiques; elle paraît se lier à ces dernières et ne pouvoir en être séparée ou former le membre inférieur du terrain jurassique. On remarque, en effet, que partout où l'oolite inférieure recouvre le lias, il y a concordance de stratification; qu'en outre il y a souvent des passages insensibles de l'une à l'autre formation: ainsi, le lias se termine parfois (Mareuil, Saint-Maixent) par des marnes dans lesquelles on trouve ensemble les fossiles appartenant aux deux assises; d'autres fois, les couches inférieures de l'oolite renferment des grès calcaires (Fontenay); d'autres fois encore, des dolomies à silex

séparent le lias du calcaire à silex, auquel elles se rattachent (Poitiers).

Enfin, la présence des métaux de plomb et de zinc n'est point bornée au lias, ainsi qu'on l'a dit ailleurs, ils se retrouvent aussi dans les roches calcaires et siliceuses de l'oolite inférieure.

Formation oolitique.

II. La formation oolitique, qui compose la presque totalité du bassin, offre les trois différens étages reconnus en Angleterre.

Étage inférieur de l'oolite.

L'étage inférieur occupe tout le centre; il s'appuie à l'est et à l'ouest sur les roches de lias ou de granite, et se termine au nord et au sud aux roches de l'étage moyen. Sa limite nord passe environ par Leblanc, Antigny, Cubord, Savigny, Chasseneuil, Vouillé, Airon, Thénezay, Assais..., et sa limite sud par Saint-Martial-de-Nontron, Varaigne, Montbron, la Rochefoucault, Verneuil, Chef-Boutonne, Briou, Beauvoir, Mauzé et Saint-Jean-de-Liversay. Cet étage a 10 lieues de largeur; il nous a paru composé de roches marneuses, calcaires et siliceuses.

Les roches marneuses se montrent, en plusieurs points, à la limite des terrains anciens de la Vendée et du Limousin; elles forment le noyau d'une partie de la chaîne médiane, et se voient encore dans quelques unes des vallées qui divisent le bassin; elles reposent généralement sur les roches de lias.

Ces roches sont des marnes schisteuses, noirâtres, en couches généralement puissantes, et des calcaires marneux subordonnés, qui sont plus ou moins résistans, très souvent fétides et d'aspect grisâtre plus ou moins foncé. Dans l'une et l'autre, on trouve une grande quantité de lignite disséminé sans suite ni régularité, et quelques

fossiles, dont les plus communs sont l'huître gryphoïde, le peigne obscur, la bélemnite à gouttière, une ammonite pyritisée et la térébratule crochue.

Ces roches marneuses offrent une superposition concordante avec les roches de lias qu'elles recouvrent immédiatement, mais elles alternent dans leur partie supérieure avec des calcaires de l'étage oolitique, ou se lient plus avec ces derniers qu'avec le lias; les fossiles qu'elles renferment, très différens de ceux du lias, sont d'ailleurs analogues à ceux qu'on trouve dans les calcaires supérieurs; enfin, les lignites y sont disséminés irrégulièrement et non en bancs suivis, comme dans les marnes du lias. D'après toutes ces raisons, nous sommes portés à ranger ces marnes dans la formation oolitique plutôt que dans celle du lias; leur disposition au centre de la chaîne médiane pourrait cependant les faire rapporter à cette dernière.

Les calcaires de l'oolite inférieure sont très variés, nous y avons principalement distingué les suivans :

1°. Un calcaire subgranulaire, grisâtre, résistant et très propre à faire des pavés d'échantillons. On le voit à Mareuil se lier avec les couches supérieures de la marne schisteuse précédente, et à Niort reposer entre ces marnes et les calcaires blancs qui lui sont toujours supérieurs. Ce calcaire contient un grand nombre de fossiles des genres bélemnites, ammonites, pleurotomaire, etc.

2°. Des calcaires sublamellaires à entroques et suboolitiques à silex; ils abondent surtout aux environs de Poitiers, où ils sont disposés en

couches alternatives, fournissent de très bonnes pierres de construction, et contiennent quelques pétrifications peu abondantes d'ammonite commune, peigne obscur et bélemnite. Ces calcaires ont paru généralement inférieurs au calcaire compacte, quoique, dans quelques localités, ces derniers se montrent aussi entre les premiers et la marne schisteuse.

Dans le calcaire blanc suboolitique de Fontenay, on a trouvé quelques couches disséminées de galène à grandes facettes.

Aux environs de Thiviers, de Belabre, de Chasseneuil, ces calcaires suboolitiques sont remplacés par des oolites à grains fins.

3°. Enfin, des calcaires compactes plus ou moins marneux, les uns à texture fine et serrée, susceptibles de poli, comme aux environs de Civray, les autres à texture lâche et pétrifications nombreuses d'ammonites communes, de térébratules perovales et de peignes obscurs, comme près de Ruffec. Ces derniers, devenant de plus en plus marneux, passent insensiblement aux calcaires de l'oolite moyenne; ils semblent donc former en ce point la partie supérieure de l'étage inférieur du terrain d'oolite.

Les roches siliceuses de l'oolite inférieure occupent, à la limite du terrain ancien du Limousin, une bande continue d'une à deux lieues de largeur : ces mêmes roches se voient aussi, en quelques points isolés, à la limite des terrains anciens de la Vendée, comme dans les environs de Fontenay et de Parthenay; enfin, on en retrouve encore quelques dépôts au centre du bassin, comme près la Ferrière.

Cette formation siliceuse se compose des roches suivantes, généralement disposées en bancs horizontaux :

1°. De grès psammitique, blanchâtre, à pâte argilo-quartzo-micacée, propre à la bâtisse ;

2°. D'argiles plus ou moins jaspoïdes, offrant des teintes bigarrées par un mélange de fer oxidé, qui les fait souvent passer à un vrai minérai que l'on exploite pour les forges voisines ;

3°. Enfin, de jaspes compactes et conchoïdes jaunâtres, de jaspes grenues et hématoïdes, de hornstein grisâtre ou noirâtre et de silex pyromaque ou oolitique.

Le jaspe contient quelquefois des nids ou veinules de baryte sulfatée et de plomb, comme aux Chéronies ; d'autres fois, il renferme des rognons de manganèse oxidé, compacte, comme à Thiviers.

Les silex oolitiques renferment, dans les environs de Nontron, beaucoup de fossiles, parmi lesquels on distingue surtout des trigonies.

A Availles, les silex pyromaques, liés entre eux par une argile jaspoïde jaunâtre, forment une roche que l'on exploite pour meules.

Cette formation siliceuse n'est point ordinairement recouverte, et se trouve en plus grande abondance à la limite des terrains anciens, où elle constitue des plaines revêtues seulement de quelques bruyères. Tantôt elle repose immédiatement sur le lias (Nontron, Alloue) ; tantôt elle vient recouvrir les marnes à lignite (Brassac) ; tantôt, enfin, elle paraît supérieure aux calcaires blancs de l'oolite inférieure (Belabre, Genouillé). Ces différentes superpositions et les trigonies contenues dans les silex de cette formation prou-

vent qu'on ne peut la réunir au terrain de lias, comme on a fait dans ces derniers temps; les fossiles et les métaux qu'elle renferme s'opposent d'ailleurs à ce qu'on la range dans les alluvions, ainsi qu'on le faisait autrefois: tous ses caractères nous font penser qu'on doit la regarder comme le dernier membre de l'étage inférieur de l'oolite. Nous devons observer toutefois qu'en quelques points (Montmorillon), il semble y avoir une liaison intime entre les roches jaspoïdes ferrugineuses et celles de dolomies qu'elles recouvrent.

ge moyen : l'oolite.

L'étage moyen du terrain oolitique forme deux bandes, l'une au nord et l'autre au sud de l'étage inférieur.

La bande septentrionale s'étend depuis la limite nord des roches d'oolite inférieure jusqu'à une ligne passant par Saint-Chartres, Jarzay, Cherves, Vouzailles, Charais, Neuville, Dissais, la Chapelle-Moulière, Boneuil-Matours, Pleumartin et Lureuil. Sa largeur varie d'un à trois lieux: les roches qui la composent offrent généralement une légère inclinaison vers le nord. La partie de cette zone, qui est au nord-ouest de Poitiers, est formée d'un calcaire compacte marneux, à ammonites communes et épineuses, tandis que celle au nord-est est formée, près Chauvigny, Saint-Savin et Leblanc, d'une oolite à gros ou petits grains contenant quelques pétrifications assez rares de pecten et de polypiers, et, au nord des Nailliers et de la Poulinière, d'un calcaire subgranulaire ou subsaccharoïde, poreux et rugueux, avec quantité de polypiers et quelques peignes, pointes d'oursins et ptérocères.

La bande méridionale s'étend depuis la limite

sud des roches d'oolite inférieure jusqu'à une ligne passant environ par la baie de Chatelaillon, le Thou, Saint-Nicolas, Loulay, Aunay, Bazoges, Champnier et Bouex; sa largeur moyenne est de trois lieues : les roches qui la composent offrent partout une légère inclinaison vers le sud. A l'est de cette zone, dans l'étendue de la Rochefoucault à Pranzac, Marthon et Montbron, domine une oolite irrégulière à pâte de calcaire blanc terreux, avec des bancs considérables de polypiers bacillaires à structure étoilée. Au centre, on ne trouve généralement que des calcaires compactes argileux, blanchâtres, peu coquilliers, et l'assise à laquelle on doit les rapporter ne se décèle que par quelques bancs de calcaire barytifère (Chef-Boutonne), ou de calcaire fétide à entroques (Mansle), dans lesquels on trouve aussi quelques traces de polypiers. Enfin, sur les côtes de La Rochelle, on remarque, au nord de cette ville, un dépôt étendu de calcaire marneux et de marnes schisteuses, qui sont en couches alternatives, tiennent la place de l'argile d'Oxford, et se prolongent vers Nuaillé, Mauzé, Beauvoir et Briou. On trouve dans ces roches un grand nombre de fossiles appartenant généralement à l'étage moyen, et parmi lesquels nous avons distingué des ammonites, bélemnites, nautiles, térébratules, pholadomies, trigonies, ptérocères, modioles, unios, bucardes, donaces, isocardes, pinnes marines, caryophyllies et turritelles. Au sud de La Rochelle, on trouve, au contraire, des bancs puissans d'un calcaire à polypiers (coral-rag), qui contient une grande quantité de polypiers, encrines, serpules, huîtres, plagiostomes et gryphées, et parmi ces bancs de couches peu

épaisses d'une oolite grossière (oolite d'Oxford), à grains pisolitiques et pâte de calcaire terreux, laquelle renferme elle-même quelques polypiers et coquilles turriculées.

Étage supérieur de l'oolite.

L'étage supérieur du terrain oolitique ne se trouve que dans la partie sud du bassin, séparant la bande méridionale d'oolite moyenne des terrains de craie de la Saintonge et du Périgord. Cet étage occupe l'étendue comprise entre la limite sud de cette bande d'oolite moyenne et une ligne partant de la baie de Fouras et passant par Saint-Constant, les Nouliers, Saint-Hilaire-de-Villefranche, Saint-Mesme, Matha, Macqueville, Plaizac, Fleurac, Saint-Saturnin, l'Isle et Garac. Sa largeur moyenne est de trois lieues; l'inclinaison générale des roches de marnes de calcaire compacte marneux et de calcaire oolitique qui le composent est toujours vers le sud. La marne bleuâtre, représentant l'argile de Kimmeridge, occupe un espace assez considérable dans la baie de Châtelaillon; elle renferme une grande quantité de gryphées virgulées disséminées dans sa masse et des moules nombreux de myes, d'unios, de modioles, d'isocardes, bucardes, etc. Les calcaires compactes, marneux, alternant avec des veines de lumachelle à gryphées virgulées, sont très répandus aux environs de Saint-Jean et de Ruelle; ils y tiennent la place de la marne précédente et renferment beaucoup de pétrifications de pholadomies, anatines, myes, unios, etc.; enfin, le calcaire oolitique à grains fins (Portland-stone), avec trigonies, turritelles et actéon, forme des dépôts peu abondans, tantôt supérieurs au calcaire compacte marneux, comme à Ruelle et Saint-Jean, tantôt intermé-

diaires à ces calcaires compactes et à la marne bleue, comme au Rocher.

Formation de grès vert.

III. La formation de grès vert forme, au nord du bassin, une zone continue, qui sépare la bande septentrionale d'oolite moyenne des terrains de craie du Berry. Cette zone, large d'une à deux lieues, est comprise entre la limite nord de cette oolitite moyenne et une ligne passant environ par Mirebeau, Marigny, Prinçay, Ligné, la Roche-Posay et Martizay. Elle est généralement composée de marnes schisteuses, avec fragmens de lignites et cristaux de gypse disséminés; de sables verdâtres, grès vert à ciment siliceux non coquillier, passant quelquefois au grès lustré, et grès vert à ciment calcaire avec gryphæa columba; enfin, de sables et grès ferrugineux, jaunâtre, avec veines de fer hydraté.

Les roches de grès vert existent aussi au sud du bassin; mais là elles sont presque toujours reçouvertes de craie à miliolites, et n'apparaissent au jour que dans les bas-fonds situés à la jonction de la craie avec l'oolite supérieure: ici, c'est une marne schisteuse, avec dépôts abondans de gypse fibreux, saccharoïde ou lamellaire, que l'on exploite à Saint-Froult, près Rochefort, à Nantillé, près Saint-Jean-d'Angely, et à Cherves, près Cognac, et que l'on a reconnue, en outre, à Jarnac et Molidars, près Hiersac. Dans cette même argile, que recouvrent encore des sables ferrugineux ou des sables verdâtres et grès vert à nummulites et gryphæa columba, on a trouvé à Chezmontet, près Ruelle, des fragmens de lignite disséminés et quelque peu de succin.

d'un pays qui semble ne devoir être que le partage de la grande culture, et à deux lieues sud de Nanteuil-le-Haudoin, qu'est situé le territoire de Brégy, remarquable par son grès coquillier marin, et surtout par la quantité prodigieuse de débris de pagure, et peut-être d'autres crustacés qu'il renferme.

Avant de m'arrêter sur ce terrain, principal sujet de mon Mémoire, je vais parcourir, le plus succinctement possible, les pays désignés ci-dessus, en tâchant seulement de faire correspondre leurs formations déjà pressenties (grès de Lévignan) avec celles des environs de Brégy, sur lesquelles je n'ai maintenant aucun doute.

Après avoir parcouru un horizon immense, dont le rayon, sans exagérer, a plus de douze lieues, et après s'être long-temps reposé sur de vastes et riches plaines consacrées à l'agriculture, l'observateur placé aux moulins élevés de Montjé, qu'on peut prendre pour point de départ, voit d'abord à ses pieds les traces d'un long séjour des eaux douces : c'est une meulière à lymnées, et pétrie de capsules de graines de chara (gyrogonites), tout à fait semblable à celle de Montmorency. En quittant ce site enchanteur, et entre les débris du terrain ci-dessus, mélangés avec des rognons de fer hydraté cloisonné, on observe le dernier dépôt de sable. Très jaune et même rougeâtre, il est dépourvu de fossiles dans tous les points où je l'ai observé (1). Viennent

(1) La couleur plus ou moins rouge que prend ordinairement ce sable me semble, indépendamment de l'absence des têts de coquilles, un assez bon caractère pour le distinguer de sables et grès inférieurs ordinairement blancs, et dont les fossiles sont bien conservés.

ensuite les marnes vertes ostréifères, les marnes feuilletées, avec empreintes de coquilles marines et débris de poissons; enfin, l'on peut reconnaître les deux grandes masses du gypse, qui, ainsi que les marnes ci-dessus et celles intermédiaires au gypse, sont moins développées que celles des environs de Paris. C'est entre ces deux masses, et plutôt au dessus de la première (*basse masse*), seulement exploitée à Saint-Ladre, à une lieue nord de Dammartin, que j'ai remarqué une couche de marne calcaire jaunâtre feuilletée, avec des empreintes que j'ai prises pour des miliolites; c'est encore au fond de cette carrière qu'on aperçoit le calcaire d'eau douce annoncé ci-dessus, qui, après nous avoir découvert ici sa véritable place, va désormais se représenter à plusieurs lieues de distance.

En quittant cette formation gypseuse, bien moins élevée que Montmartre, on parcourt longtemps un pays plat, à grande culture, et dont la terre végétale, pour le dire en passant, est un mélange plus ou moins intime d'argile et de sable; de là, sans doute, les différentes qualités des terres arables.

Faite, au premier abord, pour arrêter les pas du géologue, cette terre, dont l'étendue est immense, sa grande épaisseur, et d'autres caractères assez constans, devraient mériter un peu mieux son attention.

Cette espèce de terrain d'atterrissement dépend peut-être d'une cause tout à fait différente de celle qui a dégradé les collines gypseuses, en déposant seulement à leurs pieds ce qu'on appelle de la terre franche; mais, quelle que soit son origine, nous n'en devons pas moins remer-

cier la Providence d'avoir étendu cette espèce de limon fertile sur une terre qui, à l'instar de celle d'une grande partie de la Champagne, aurait été sans cela long-temps impropre à toute espèce de culture.

Une grande partie de la contrée dont je parle ne doit sa richesse qu'à la plus ou moins grande épaisseur de ce terrain et à sa composition.

Le laboureur trouve dans ce calcaire, qu'on peut appeler crétacé, et qui vient immédiatement au dessous, un amendement utile pour ses terres, amendement qui est appelé, dans le pays, *marnage*.

Ce terrain d'eau douce ne disparaît, dans toute cette étendue, qu'au pied des dépôts élevés de sable, tels qu'on en rencontre à Morfontaine; encore la petite montagne de Montepilloy, remarquable par les restes d'une tour antique, en est-elle encore presque recouverte.

Enfin, on distinguera toujours cette formation d'eau douce de celle des hauteurs gypseuses, non seulement par ses caractères physiques et les petits bulimes et mélanies qu'elle renferme, et quelquefois des lymnées et des planorbes, mais surtout par des rognons de silex calcédonien, à zones concentriques, et uniquement pétri de capsules d'une espèce de graines de chara, peut-être différente de celles de meulières, proprement dites d'eau douce. On y rencontre encore des groupes de quartz lenticulaire pseudomorphique.

Après avoir ainsi jeté un coup-d'œil sur l'ensemble d'une formation qui me paraît avoir échappé jusqu'ici aux géologues, je vais envisager de même le grès coquillier marin ou les sa-

bles qui me paraissent devoir lui appartenir.

Ermenonville et Morfontaine offrent une sablonnière immense et très peu de grès : c'est généralement sur les buttes de ces parcs, entre autres celle des deux clochers (Morfontaine), qu'on rencontre des coquilles fossiles, qui suffisent bien évidemment pour caractériser ce terrain. Nous verrons d'ailleurs plus loin que cette disposition est tout à fait analogue à celle des mollusques d'un terrain à peu près de ce genre, pour la formation duquel je n'ai pas le moindre doute.

Les coquilles fossiles, si nombreuses et si variées de la Chapelle, près de Senlis, appartiennent à cette formation; du moins les débris de pagure, que j'ai recueillis en vidant les coquilles que j'ai reçues de cet endroit, me le font fortement présumer.

En s'éloignant de ces belles propriétés et après avoir traversé une espèce de lambeau de calcaire grossier, qui vient de l'autre côté de la route de Senlis à Crespy et disparaît à Versigny, près de Nanteuil, on rencontre encore une grande colline de sable ou de grès, qui s'étend depuis Montepilloy jusqu'à Assy-en-Multien, en passant par Nanteuil-le-Haudoin et Lévignan.

On retrouve encore entre ce dernier endroit et Crespy ce même sable, qui semble ensuite remonter du côté de Villers-Cotterets.

Toutes ces localités ne m'ont offert, ainsi que celle de Morfontaine, que des fossiles par groupes.

A Versigny, dans un chemin creux qui conduit à Nanteuil, et là où commencent à reparaître les sables, on passe au milieu d'un dépôt de ce genre, dans lequel la *melania hordeacea* abonde;

bien que mélangée avec les coquilles marines, elle se trouve cependant dans la partie supérieure, et elle sert de transition au calcaire d'eau douce précité.

Sur la route de Lévignan, on rencontre un gîte de coquilles, remarquable en ce que c'est un lit calcaréo-sablonneux, ne renfermant que plusieurs espèces de cérites.

Je ne puis m'empêcher ici de penser, à l'égard de ces groupes de coquilles, qu'ils se sont formés de la même manière que les petits nids de coquilles dont M. Prevost a rendu compte dans un Mémoire sur les grès de Beauchamp, ou bien ce phénomène tient à la plus ou moins grande mobilité du sable, qui, dans le premier cas, n'aura pas permis à des mollusques de s'y fixer : de là l'endroit, dit *Désert de Morfontaine*, formé de sable et dépourvu de coquilles; dans le cas contraire, le terrain leur aura fourni un fonds assez solide pour s'y réunir.

Nous verrons plus tard que ce grès de Brégy, qui paraît avoir été cimenté à son origine par une infiltration calcaire, est rempli de fossiles.

Avant d'aller à Brégy terminer mes observations sur le grès coquillier marin, qui est évidemment pour moi celui de la deuxième formation de ce genre, pour tous les endroits que je viens de visiter, je dois m'arrêter un peu à Crespy pour y observer la première formation de ce même grès, opposée dans cet endroit à la seconde, que j'ai déjà désignée entre Lévignan et Crespy.

En sortant de cette ville pour aller à Compiègne, on laisse à droite (montagne d'Osmond) une exploitation de calcaire marin grossier, avec

tous les caractères de celui des environs de Paris. Cependant les bancs inférieurs, remplis de moules de *ceritium giganteum*, de *spatangus chaumontiannus*, de nummulites et d'articulations de forme cuboïde (1), loin d'être chlorités, sont très sablonneux, et tout à coup succède un banc d'un grès très dur, qui, après une épaisseur d'un mètre, recouvre une masse de sable dont on ne connaît pas la profondeur. Le sable opposé à cette formation est dépourvu de coquilles et se trouve presque de niveau avec le calcaire grossier que je viens de citer. Ces deux terrains sont surtout recouverts par le même calcaire d'eau douce.

Enfin, cette première formation de grès marin, ainsi que le calcaire grossier qui le précède, s'étendent presque depuis Crespy jusqu'à Senlis, et après avoir rempli la vallée de Baron, Versigny, se prolongent ensuite du côté de Barbery, Ognon, Verbery; enfin, au Mont-Gannelou, M. Regley l'y a indiqué comme l'ayant rencontré dans un grès rempli de nummulites.

En quittant Lévignan pour aller à Brégy, le grès coquillier marin semble disparaître pour long-temps dans les plaines immenses qui viennent mourir au pied de Montjé et de Dammartin. Cependant, dans cette étendue considérable, il n'est masqué que par la terre végétale et le calcaire d'eau douce, qui règnent puissamment ici; enfin, Brégy, et près de là Douy, viennent inter-

(1) Ces articulations sont tout à fait analogues à celles de la craie que MM. Cuvier et Brongniart soupçonnent devoir appartenir à une espèce voisine de l'*asterias aurantiaca*.

rompre cette uniformité, précisément dans les endroits les plus remarquables de ce terrain.

Brégy, à deux lieues sud de Nanteuil-le-Haudoin, quatre lieues ouest de Dammartin, quatre lieues nord de Meaux, est un village situé à l'origine d'une vallée : c'est sur les côtes de cette vallée, qui s'étend jusqu'à Douy, et en remontant du côté de Fosse-Martin, qu'on peut faire des observations au moyen des nombreuses carrières qu'on y a ouvertes pour en extraire un mauvais pavé. Ces carrières ne sont généralement pas plus profondes que celles de Beauchamp. On rencontre au dessous une grande masse de sable, qui n'a jamais été percée dans ce pays; tous les puits des environs y pénètrent. Tous ces sables et grès sont, indépendamment de la terre végétale, recouverts par un calcaire d'eau douce, crétacé dans sa partie supérieure et très compacte dans sa partie inférieure. On rencontre beaucoup de fragmens de cette dernière partie au milieu de la terre végétale; enfin, ce terrain forme ordinairement des brèches avec les premières couches du grès coquillier marin, qui a pu lui servir de matrice. Voici d'ailleurs ce qu'offre de plus remarquable le grès coquillier marin mis à découvert dans ces cantons.

Après la terre végétale et le calcaire d'eau douce, renfermant ici beaucoup de silex calcédonien à graines de chara, ensemble deux mètres, on a, dans une carrière située au revers gauche de la vallée de Brégy, et près de la garenne de M. Notain :

1°. Une couche à la fois calcaire et sablonneuse (cette couche indique assez bien le passage du grès marin au calcaire grossier dont j'ai

fait mention plus haut). Elle renferme, comme je l'ai déjà dit, des débris de calcaire compacte; c'est une espèce de brèche : la partie moyenne est occupée par de nombreux moules de *cerithium clavatulum;* enfin, la partie inférieure, devenue plus sablonneuse, offre encore des noyaux d'un calcaire pulvérulent, qui ont dû appartenir, suivant M. Cordier, à des madrépores ou à tout autre zoophyte détruits. Cette couche anomale a environ 45 centimètres.

2°. Un sable blanc, très fin, avec cythérées lisses et élégantes, en quantité, et quelques débris de patte de pagure. Tous ces fossiles y sont placés par petits nids, absolument comme ceux de Beauchamp. Ce sable, qui renferme des rognons de grès très dur, a une épaisseur d'un mètre.

3°. Un grès tenace, gris, calcarifère, à miliolites, avec quelques débris de pagure, employé à paver, d'une épaisseur de $1^{m},15$.

4°. Un grès calcarifère, avec moules de nombreuses coquilles et miliolites, débris de pagure. Cette couche, très facile à désagréger, a une épaisseur de 66 centimètres.

5°. Un grès comme le n°. 3, cependant plus friable dans sa partie inférieure, qui est très colorée par du silicate de fer : ce grès renferme de nombreux moules d'une espèce de malacoderme très allongé et ramifié. Ces fossiles, dont j'ai essayé d'en dessiner un assez entier sur place et de grandeur naturelle (V. Pl. IX), me paraissent analogues à ces moules cylindriques, sinueux et quelquefois renflés, qu'on rencontre fréquemment dans le calcaire chlorité des environs de Paris (Vaugirard et Bas-Meudon). Ces fossiles

d'ailleurs semblent, dans l'un et l'autre cas, indiquer les derniers dépôts de mollusques marins par le terrain tertiaire (1); aussi n'en rencontre-t-on plus immédiatement au dessous, à Brégy, où des sables très épais leur succèdent.

Cette carrière, la plus profonde de Brégy, n'a environ que 4 mètres.

C'est dans la carrière à moitié comblée, située au côté opposé de cette vallée, et dans un grès analogue à celui dont je viens de parler au 4e. paragraphe ci-dessus, mais très coloré, là, par de l'hydroxide de fer, qu'on rencontre le plus de débris de pagure. Ces dépouilles de crustacés, dont on voit les figures dans la planche IX, y forment quelquefois un lit de quelques centimètres d'épaisseur.

Tel est le terrain contre lequel est adossé Brégy. Dans le milieu de ce village, on pourrait faire les observations que j'ai faites à sa sortie.

Si nous descendons maintenant la vallée, nous ne rencontrerons plus jusqu'à Douy et à la Ramée, à droite et à gauche, que du sable assez pur. A la Ramée, il se relève brusquement, et après une épaisseur de plus de 50 pieds, sans offrir un seul fossile, on rencontre les mêmes couches jusqu'à Brégy. Elles renferment encore une quantité prodigieuse de pagure, de cythérées bien conservées et tous les moules de coquilles de Brégy.

On descend ensuite, à gauche, dans une autre vallée, qui aboutit à la première, et formée tout entière de sable ou de grès coquillier marin, tandis que le fond de la première est probable-

(1) On les rencontre aussi dans des terrains plus anciens.

ment tourbeux : c'est dans des sablonnières ouvertes, presque dans le fond de cet endroit, que j'ai observé un dépôt de plus d'un mètre, presque formé de dépouilles de crustacés : c'est là encore que j'ai remarqué et dessiné sur place une patte bien entière, que je rapporte aux pagures, et qui n'a pas été figurée par M. Desmarets. J'y ai encore recueilli une carapace presque entière du *portunus Hericartii*, que M. Héricart-Ferrand a découverte lui-même dans une sablonnière d'Etrepilly, qui appartient probablement au même terrain (1). Malheureusement, la plupart de ces dépouilles sont aussi friables que le sable, et le moindre choc anéantit tout.

Enfin, je terminerai mes observations, peut-être déjà trop multipliées, sur la route de Fosse-Martin à Saint-Souplets, dans un endroit qu'on a récemment ouvert pour faire passer la nouvelle route. Toutes les nombreuses coquilles que ce terrain offre sont heureusement bien conservées, cependant un peu friables. En énumérant tous ces fossiles, je ne ferai que compléter les observations que j'ai entreprises à Brégy, où l'on ne rencontre jusqu'à présent que des moules de coquilles toujours trompeurs.

Après le calcaire d'eau douce, on a environ 4 mètres d'un sable assez blanc, qui renferme des rognons de grès assez volumineux, exploités et toujours séparés de deux lits de coquilles assez épais. Le premier, et supérieur, renferme beaucoup de cérites, de cythérées, et probablement la *melania hordeacea*, comme à Versigny. La

---

(1) Desmarets, *Crustacés fossiles*, page 87, Pl. V, *fig.* 5.

deuxième, quelquefois colorée en jaune, est très riche en coquilles de tout genre, et contient quelques débris de pagure bien solides.

Voici d'ailleurs la liste des fossiles que j'ai recueillis dans ce terrain :

Marginella ovulata.
Ancillaria olivula.
Voluta labrella.
Cancellaria costulata.
Rostellaria fissurella.
Fusus scalaris.
Ceritium substriatum.
—— *lamellosum.*
—— *turritellatum.*
—— *echinoides.*
—— *cinctum.*
Turritella imbricataria.
—— *terebralis.*
Pleurotoma dentata.
—— *costellata.*
Natica compressa.
Calyptræa trochiformis.
Ostrea flabellula. — *gryphoides.*
Ostrea linguiformis.
Cardium obliquum.
Chama striata.
Cytheræa deltoïdes.
—— *elegans.*
—— *lævigata.*
Venericardia cor avium.
Corbula gallica.
Crassatella lamellosa.
Pina marina.
Lucina divaricata.
. . . .
Siliquaria lima.
—— *spinosa.*
Dentalium eburneum.
—— *sulcatum.*
Pattes de pagure.

Si nous comparons actuellement tous ces terrains avec celui de Beauchamp, on trouvera dans les deux endroits un calcaire d'eau douce, qu'on peut suivre jusque sous le gypse. Viennent ensuite des sables ou des grès disposés de même, et renfermant à peu près les mêmes fossiles ; les cythérées y abondent surtout. On trouve encore quelques dépouilles de pagure à Beauchamp ; tous ces fossiles forment ordinairement de petits nids dans l'un et l'autre endroit. Après une épaisseur de grès à exploiter assez faible, on ne rencontre plus que du sable, dont la profondeur est inconnue. A Douy, elle a déjà plus de 50 pieds;

enfin, ces terrains peuvent, je crois, se comparer parfaitement.

Avec quelques modifications, c'est encore le même qu'on rencontre à la Chapelle près de Senlis, à Morfontaine, à Montepilloy, à Nanteuil-le-Haudoin, à Lévignan, etc., et j'ose avancer ici que la masse de sable située entre Crespy et Lévignan, quoique je n'aie pu y rencontrer de coquilles, ressemblant en cela assez à Morfontaine, qui en offre à peine, n'en doit pas être moins l'équivalent du calcaire grossier qui lui est opposé en face, ou faire partie du grès coquillier marin de la deuxième formation.

Je terminerai ce Mémoire en insistant beaucoup sur les nombreuses dépouilles de crustacés abandonnées dans les environs de Brégy.

MM. Léman et Desmarest ont eu, dans le temps, la complaisance de m'éclairer sur leur nature.

L'assemblée des professeurs du Muséum, instruite de cette particularité par M. Cordier, l'un de ses membres, a bien voulu accueillir un faible hommage de mes premières recherches, en faisant déposer dans son cabinet des échantillons de ce terrain.

D'après ces savans, l'espèce de pagure fossile que les sables ou grès calcarifères de Brégy renferment, leur a paru sinon nouvelle, au moins approchant beaucoup de celle de la craie de Maestricht, qui, selon M. Latreille, est très voisine de la plus commune de cette famille de crustacés (*pagurus bernhardus*). Je dois faire encore observer que ces débris sont ordinairement de couleur jaune, même brunâtre. Ceux-ci se conservent très bien ; les autres sont blancs, appartien-

nent ordinairement aux sables et sont très friables. Les uns et les autres, en affectant les formes des crustacés de la montagne de Saint-Pierre de Maestricht, sont cependant lisses, toujours bien unis.

Quoi qu'il en soit, ces fossiles, que le hasard me fit découvrir il y a deux ans, en contribuant à caractériser une formation qui a été long-temps incertaine, témoigneront encore, par la multiplicité de leurs dépouilles réunies dans un endroit assez limité (cependant sur deux ou trois lieues d'étendue), que ces animaux marins ont vécu à la place où on les trouve, associés avec un grand nombre de mollusques, et à l'instar de ces crustacés observés par le capitaine Cook, qui coloraient la mer sur plusieurs lieues de sa surface.

MÉMOIRE

Sur le traitement métallurgique du cuivre carbonaté et du cuivre oxidulé de Chessy;

Par M. H. MARGERIN, ancien officier d'artillerie.

La fonderie de Chessy est située sur les bords de l'Azergue, à 1 kilomètre ouest de Chessy, bourg situé lui-même à 21 kilomètres nord-ouest de Lyon. On y traitait anciennement du cuivre pyriteux : ce n'est qu'en 1812 qu'on a commencé à traiter le cuivre carbonaté, découvert par hasard à cette époque, par suite d'une recherche de cuivre pyriteux. En 1825, on a traité en outre du cuivre oxidulé; cependant le cuivre carbonaté est demeuré l'objet principal et presque unique du traitement. On a aussi traité pendant quelque temps du cuivre peroxidé; mais ce minérai a disparu complétement.

Le cuivre carbonaté et le cuivre oxidulé ont pour gangues du grès, de l'argile schisteuse et de l'argile. Le grès de la classe des arkoses est formé de grains fins de quarz hyalin et de feldspath altéré; il contient çà et là quelques lamelles rares de mica; quelquefois il est entièrement quarzeux. Les substances qui accompagnent les minérais sont le fer hydraté, la collyrite, la lithomarge, et plus rarement le manganèse oxidé, la calamine et le spath calcaire.

Le cuivre carbonaté est appelé *mine bleue*, et le cuivre oxidulé *mine rouge*. Le cuivre peroxidé était appelé *mine noire*.

Ces minérais, après avoir subi une préparation mécanique, sont classés en *riches* et en *pauvres* (1).

Les riches, appelés aussi *gras*, sont ceux qui ne retiennent pas sensiblement de gangue.

Les pauvres, appelés aussi *maigres*, sont ceux qui en retiennent encore une quantité notable que l'on n'a pu séparer.

La mine bleue est classée de la manière suivante :

Riche du cassage,
Riche du lavage,
Riche du criblage,
Pauvre du cassage,
Pauvre du criblage.

La mine rouge est classée ainsi :

Schlich riche,
Schlich pauvre.

Le traitement métallurgique consiste à fondre les minérais ainsi préparés dans des fourneaux à manche, et à raffiner le cuivre noir provenant de ce fondage dans des fourneaux à réverbère. Il n'y a d'exception que pour le schlich riche, qui est soumis à un traitement particulier.

Les soufflets, et en général toutes les machines, sont mus par une conduite d'eau prise dans l'Azergue, à un quart de lieue au dessus de la fonderie.

PREMIÈRE PARTIE.

Fondage des Minérais.

Minérais de fusion.

Les minérais de fusion sont essayés tous les trois mois. Leur composition varie peu, depuis

(1) Voyez le Mémoire de M. Thibaud sur les procédés suivis à Chessy pour la préparation mécanique des minérais. (*Annales des Mines*, 2e. série, t. I, p. 193.)

que les procédés de préparation mécanique ont acquis une certaine régularité, dont ils étaient complétement dépourvus il y a quelques années. Les deux tableaux suivans présentent les résultats moyens des essais faits pendant l'année 1827.

COMPOSITION de la MINE BLEUE.	RICHE		PAUVRE	
	du cassage et du lavage.	du criblage.	du cassage.	du criblage.
Grès et argile. . . .	0, 30	0,30	0, 52	0, 55
Déutox. de cuivre.	0, 45	0, 42	0, 30	0, 25
Oxides de fer et de manganèse.. . .	0, 01	0, 04	0, 02	0, 05
Perte au feu.	0, 23	0, 22	0, 15	0, 14
Cuivre métallique.	0, 360	0,336	0, 240	0, 200

COMPOSITION de la MINE ROUGE.	SCHLICH	
	riche.	pauvre.
Grès et argile.	0, 05	0, 30
Protoxide de cuivre..	0, 86	0, 45
Oxide de fer	0, 04	0, 20
Eau	0, 04	0, 05
Cuivre métallique.	0, 762	0, 400

Le fondant est de la chaux provenant du calcaire à gryphées, qu'on trouve en abondance aux environs de Chessy. Récemment préparée, elle contient : Fondant.

Silice.	0,012
Oxide de fer et magnésie. . .	0,041
Eau et acide carbonique. . .	0,044
Chaux.	0,902

On l'emploie ordinairement récemment préparée.

Combustible. Le combustible est du coke, que l'on tire de Saint-Étienne; il est, en général, de bonne qualité. Il contient :

Silice.	0,060
Oxide de fer	0,030
Soufre..	0,0014
Bitume.	0,056
Carbone.	0,850

Description des fourneaux à manche. (Voyez Pl. X, fig. 5 et 6.) Il y a trois fourneaux à manche. Chacun d'eux se compose d'un massif en maçonnerie consolidé par des traverses en fer, et d'une chemise que l'on renouvelle à chaque campagne. La forme de la chemise varie dans le cours de la campagne. Au moment de la mise en feu, cette forme est celle d'un parallélipipède rectangle ayant 1^{m},80 de hauteur, 1^{m},60 de largeur et 1^{m},00 de profondeur; mais au bout de quelques jours de travail, il se forme sur les parois un ventre dont la capacité s'accroît progressivement jusqu'à une certaine limite, et dont la section principale horizontale, approximativement représentée par une ellipse, passe un peu au dessus de la tuyère, et à 0^{m},60 environ au dessus de la sole. Les deux faces latérales et celle du fond sont construites en gneiss, que l'on tire de Sainbel; la face antérieure, appelée *fiervende*, est formée d'une suite de plaques rectangulaires peu épaisses et en argile réfractaire. La sole est en briques réfractaires faites d'argile de Bourgogne et de quarz pulvé-

risé (1). La tuyère pratiquée dans la face du fond est horizontale, et située à $0^m,40$ au dessus de la sole.

Les deux faces latérales et celle du fond règnent sans interruption depuis la sole jusqu'au gueulard, et s'élèvent ensuite au dessus de celui-ci en s'inclinant de dedans en dehors jusqu'à la rencontre des murs du massif; la fiervende, au contraire, se termine supérieurement au gueulard, et inférieurement à la hauteur de la tuyère. Cette disposition forme au dessus du gueulard une espèce de trémie ouverte par devant, propre

(1) Autrefois la sole était formée de trois couches de quartz pulvérisé; mais le métal pénétrait entre les couches et les soulevait; on était alors obligé d'arrêter le fourneau pour refaire une autre sole.

C'est au commencement de la campagne de 1828 que j'ai essayé les briques. J'avais réservé un fourneau à l'ancienne méthode, afin de mettre les ouvriers à même de comparer, car ils doutaient du succès des briques. Le fourneau a été mis en feu le 10 octobre 1827. Le 18, la première couche de la sole était enlevée; j'ai arrêté le travail et fait refaire une autre couche : le travail a été repris le 21. Le 29, la première couche était encore enlevée : j ai alors continué, en faisant sonder, soir et matin, avec un ringard, pour voir si la seconde couche résistait. Cette couche ayant paru tenir, j'ai fait baisser, le dimanche suivant, le fond du bassin d'avant-foyer au niveau de cette couche, ainsi que le trou de coulée; j'ai aussi fait baisser la table d'autant, et continuer la fiervende. Le fourneau a bien marché pendant quelque temps, les coulées étaient très fortes; mais le 24 décembre, la deuxième couche ayant été elle-même enlevée, j'ai été obligé d'arrêter le travail. Il y avait une distance d'un mètre de la tuyère au fond.

Les deux fourneaux, dont la sole était en briques, ont été mis en feu le 2 octobre, et n'ont présenté aucun accident pendant toute la durée de la campagne.

à recevoir la charge. Cette trémie est surmontée d'une cheminée pratiquée dans le massif, destinée à conduire les fumées en dehors de l'usine. Sur le devant du fourneau, s'avance une plate-forme un peu inclinée et s'élevant à la hauteur du bord inférieur de la fiervende. Cette plate-forme, appelée *la table*, est construite en argile, fortement damée entre le devant du fourneau et trois petits murs reliés entre eux par des barres de fer; elle a environ $0^m,68$ de hauteur au dessus du sol de l'usine, $2^m,00$ de largeur et $1^m,32$ de profondeur, trois marches placées au devant permettent aux ouvriers d'y monter commodément. Un bassin creusé dans la table, et dont le fond et les parois se raccordent avec la sole et les parois de la chemise, forme un véritable prolongement du creuset, on l'appelle *bassin d'avant-foyer;* ses parois sont en brasque composée d'argile et de charbon pulvérisé intimement mêlés. Cette brasque étant facilement attaquée par les matières scoriformes et métalliques, le bassin doit être refait toutes les semaines.

Au fond et d'un côté de ce bassin est le *trou de coulée*, duquel part le *canal de coulée*, qui traverse en ligne droite et suivant une faible pente le massif de la table, débouche extérieurement par la face du même côté, et communique ensuite, à l'aide d'une courte rigole, avec un bassin creusé dans le sol de l'usine, destiné à recevoir le métal et appelé *bassin de réception*.

La tuyère a $0^m,65$ de côté. L'œil est un cercle de $0^m,08$ de diamètre. L'ouverture du pavillon est une ellipse dont le grand axe a $0^m,52$ et le petit axe $0^m,21$. Le museau est en fer forgé, et le pavillon en tôle.

Le vent est fourni par deux soufflets pyramidaux en bois, mus par une roue hydraulique; la pression de l'air y excède faiblement celle de l'atmosphère. Le nombre des pulsations est de six à huit par minute. Ces soufflets sont en très mauvais état; ils perdent beaucoup de vent surtout par les temps secs, et nécessitent de fréquentes réparations. Il m'a été impossible de calculer, même entre des limites éloignées, la quantité d'air lancée dans le fourneau en un temps donné.

Chaque fourneau est servi par deux postes, l'un de jour, l'autre de nuit, composés chacun d'un fondeur et un aide.

Composition du lit de fusion.

Le lit de fusion est composé des différentes sortes de minérai bleu, de chaux concassée en petits morceaux, et de scories provenant du fondage. Les différentes sortes de minérai sont en telle proportion que leur contenance moyenne en cuivre soit environ 27 pour 100. On obtient ordinairement cette contenance en employant les proportions suivantes :

Riche du cassage...	1
Riche du lavage....	5
Riche du criblage...	2
Pauvre du cassage...	8
Pauvre du criblage..	3

La proportion de chaux est sensiblement constante; elle est à peu près 20 pour 100 du minérai.

La proportion de scories est très variable. Elles ont pour but de donner au mélange le degré de fusibilité convenable, lequel dépend de la température du fourneau, qui elle-même dépend de la température extérieure : il en faut beaucoup plus l'été que l'hiver. La proportion moyenne

peut être évaluée à 50 pour 100 du minérai. Souvent on ajoute 2 à 3 pour 100 de schlich pauvre, dont on fait un mortier avec de la chaux délayée, et 5 à 6 pour 100 de scories provenant du raffinage, lesquelles retiennent 0,20 de cuivre en grenailles. Cette addition n'altère pas sensiblement la richesse moyenne du mélange.

Ces proportions sont celles qui ont été reconnues, par expérience, pour les plus convenables; cependant on les modifie, comme on le verra par la suite, lorsque la composition des minérais et quelques autres circonstances encore viennent à varier.

On ne pèse pas les matières, on les mesure à la brouette, ce qui est loin d'être suffisamment exact.

Composition de la charge

On charge le mélange de minérai, chaux et scories dans des baches en bois appelées *bachasses*, qui en contiennent environ 12 kilogrammes. On charge le coke dans des paniers qui en contiennent 35 kilogrammes. La charge est composée ainsi :

4 bachasses de minérai, chaux et scories,
1 panier de coke,
4 bachasses de minérai, etc.,
1 panier de coke.

Le fondeur porte la bachasse, l'aide porte le panier.

On voit que la quantité de coke est constante dans la charge, et pèse environ 70 kilogrammes; mais, considérée relativement au minérai, elle varie avec la saison. En hiver, par un froid intense, elle est de 65 pour 100 du minérai; en été, elle s'élève à 90 pour 100. Elle est, moyennement, de 77 pour 100.

Description du travail.

Le fourneau étant en feu et rempli de coke jusqu'à la hauteur de la fiervende, le fondeur et son aide y introduisent la première charge. Quand elle est descendue au niveau de la fiervende, ce qui arrive environ une heure après, on en passe une seconde et ainsi de suite. Le nombre des charges que l'on passe en douze heures, quand le fourneau est en bon train, varie de dix à quatorze.

Les matières fondent; le métal et les scories se rassemblent dans le creuset et dans le bassin d'avant-foyer. Le fondeur plonge souvent son ringard dans le bain, pour faciliter l'ascension des scories. Celles-ci se refroidissent, se figent à leur surface, et forment ainsi un gâteau plus ou moins épais, flottant sur le bain. Quand ce gâteau, soulevé par l'afflux continuel du métal et des scories liquides, s'élève jusqu'aux bords du bassin, le fondeur, armé de son ringard, qu'il appuie sur le bord de la table et qu'il manœuvre comme un levier, l'enlève et le jette en le retournant sur le devant du fourneau. Aussitôt l'aide le refroidit avec de l'eau, le charge sur une brouette, et le transporte hors de la fonderie. Dès qu'un gâteau de scories est enlevé, il s'en forme bientôt un nouveau, qu'on enlève de la même manière.

L'introduction de l'air froid dans le fourneau fige les matières qui passent devant la tuyère, et détermine la formation d'un nez. Ce nez, qui s'avance en voûte au devant de la tuyère, occasione, dans la partie du fourneau où la température est la plus élevée, un rétrécissement qui ralentit la descente des matières, et les maintient en contact pendant un temps suffisamment long

pour que la réaction puisse s'opérer complétement. Il a de plus cet avantage, qu'il forme comme un prolongement de la tuyère, et porte l'air plus avant dans l'intérieur du fourneau. L'expérience a montré que, pour atteindre ce but, le nez devait être maintenu à une longueur de $0^m,12$ à $0^m,16$. C'est pourquoi la tuyère est ordinairement obscure et barbouillée.

Quand le métal remplit le bassin d'avant-foyer tout entier, ce qui arrive environ douze heures après la dernière coulée, le fondeur arrête le vent, l'aide nettoie le bassin de réception. Le premier place ensuite un ringard dans le canal de coulée, et l'enfonçant à coups de masse, il perce le tampon d'argile qui bouche le trou de coulée; le métal coule rapidement, et se rend dans le bassin de réception, en exhalant une forte odeur d'acide sulfureux. Pendant qu'il remplit le bassin, l'aide l'agite avec une perche en bois, pour faciliter le départ des matières scoriformes qu'il a entraînées avec lui. Ces matières, qui coulent les dernières, laissent une longue trace derrière le métal, dans la rigole et le canal. La coulée terminée, l'aide bouche le trou de coulée avec un tampon d'argile, qu'il applique en se servant d'une perche, et le fondeur donne le vent.

Les matières scoriformes entraînées par le métal, et improprement appelées *matte* (1), forment à sa surface une couche plus ou moins épaisse. Quand cette couche commence à se figer, l'aide l'arrose pour la solidifier complétement, et

---

(1) Une matte est le produit d'une première fusion trop impur pour être affiné immédiatement, mais dont cependant le métal est l'élément principal; ce qui n'est pas le cas ici.

le fondeur l'enlève avec un ringard ou une pelle, et la dépose auprès du bassin ; il enlève également la matte demeurée dans le canal de coulée, et la réunit à la précédente. Cela fait, l'aide arrose la surface du bain métallique, de manière à solidifier une couche peu épaisse, ce qui a lieu à la température du rouge cerise à peu près ; ensuite le fondeur et l'aide passent leurs ringards sous la couche solidifiée, la soulèvent et la tirent doucement hors du bassin. Alors l'aide maintenant le disque incliné sur le sol, le fondeur le brise, à coups de ringard ou de masse, en deux ou trois morceaux, que l'aide transporte, à l'aide d'une pelle, hors de la fonderie. L'épaisseur des disques ne doit pas excéder $0^m,02$ à $0^m,03$. Quand le disque est trop épais, il résiste et ne se laisse briser que difficilement, ce qui entrave le travail : c'est pourquoi le fondeur doit veiller à ce que l'aide ne jette pas trop d'eau sur le bain, et épier le moment où la couche est suffisamment solide pour pouvoir être soulevée. Quand tout le cuivre est enlevé, le fondeur répare et nettoie le bassin d'avant-foyer, et s'assure que le tampon ferme exactement le trou de coulée ; l'aide balaie la table et le devant du fourneau. Le cuivre noir est ensuite pesé et mis en magasin.

On coule deux fois par jour, à six heures du matin et à six heures du soir ; cependant, au commencement de la campagne, quand le fourneau n'a pas encore atteint toute sa capacité, on ne coule d'abord qu'une fois en vingt-quatre heures, puis deux fois en trente-six heures.

Quand les fourneaux sont en bon train, le poids de la coulée est d'environ 350 kilogrammes. Chaque fourneau rend donc 700 kilogrammes

par jour; mais les coulées sont beaucoup plus faibles au commencement et à la fin de la campagne.

Réparation des bassins d'avant-foyer.

Le travail est interrompu toutes les semaines, à cause de la nécessité de refaire les bassins d'avant-foyer. Le dimanche matin, après la coulée, on cesse de charger, on arrête les soufflets, on défait les bassins à l'aide de ringards pointus, qu'on introduit à grands coups de masse dans la brasque agglutinée par les matières scoriformes et métalliques qui l'ont pénétrée.

On les refait ensuite avec de la brasque nouvelle faiblement humide, que l'on tasse fortement avec des pilons en fer. Cette double opération, qui est longue et pénible, est exécutée par les deux postes réunis; les aides tiennent le ringard et apportent la brasque, les fondeurs manient la masse et le pilon. Quand elle est terminée, on remplit les fourneaux de coke, et les nouveaux bassins de charbons de bois allumés, pour en chasser l'humidité.

Le travail est repris le même jour à six heures du soir.

Examen des produits du fondage.

Les produits du fondage sont dans l'ordre où on les obtient : 1°. les scories; 2°. la matte; 3°. le cuivre noir; 4°. la cadmie.

Scories.

Il y a trois sortes de scories, qui diffèrent par leur aspect, leur composition et les circonstances dans lesquelles elles se forment; elles sont bleues, noires ou rouges : on les désigne par leur couleur.

Les scories *bleues* sont vitreuses en général, bulleuses à petites bulles çà et là. Leur couleur varie du blanc bleuâtre au bleu foncé; la nuance ordinaire est le bleu turquoise. Leur éclat est vitreux; leur cassure conchoïde et amincie sur les

bords. Elles sont translucides en lames minces, et vues par réfraction, leur couleur est vert de bouteille ou gris de fumée. Elles raient le verre, et sont très faiblement magnétiques.

Au chalumeau, elles fondent facilement et donnent un globule vitreux.

Elles sont attaquables par les acides nitrique et muriatique; mais l'attaque est toujours incomplète, même après une longue ébullition.

Elles contiennent :

Silice.	0,550
Alumine.	0,070
Chaux.	0,246
Protoxide de fer.	0,119
Oxide de cuivre.	0,005
Magnésie.	traces.

Composition représentée par la formule :

$$AlS^3 + 3\left\{\begin{matrix} Ca \\ f \end{matrix}\right. S^2.$$

Ces scories sont celles que l'on obtient le plus fréquemment.

Les scories *noires* sont celluleuses, à cellules rapprochées, variables de figures et de dimensions; imparfaitement fondues. Leur couleur varie du gris de fumée au gris noirâtre. Leur cassure est inégale. Elles ont un très faible éclat gras, sont faiblement translucides en lames très minces, raient le verre, sont très faiblement magnétiques. Réduites en poussière fine, leur couleur devient blanc grisâtre.

Elles fondent difficilement au chalumeau et donnent un émail translucide blanc grisâtre.

L'action des acides est à peu près la même que sur les précédentes.

Elles contiennent :

Silice	0,560
Alumine	0,096
Chaux	0,270
Protoxide de fer	0,070
Oxide de cuivre	0,001
Magnésie	traces.

Composition représentée par la formule :

$$Al S^2 + 2 \left\{ \begin{matrix} Ca \\ f \end{matrix} \right. S^2.$$

On voit que dans ces scories la silice est à un plus haut degré de saturation que dans les précédentes.

Elles se forment assez fréquemment, quoique moins, que les scories bleues. Celles-ci en renferment presque toujours une petite quantité empâtée çà et là dans la masse.

Les scories *rouges* sont compactes, en général bulleuses à grosses bulles çà et là. Leur couleur varie du rouge violâtre obscur au rouge sang le plus intense ; elle est quelquefois irisée. Leur éclat est faiblement vitreux. Leur cassure est lisse et unie. Elles sont translucides en lames minces ; raient le verre. Celles d'un rouge violâtre sont quelquefois très faiblement magnétiques.

Elles fondent facilement au chalumeau, et donnent un globule vitreux. L'action des acides est la même que sur les précédentes.

Leur composition est variable, surtout relativement à la proportion du cuivre qu'elles renferment. Une scorie d'un rouge obscur et faiblement magnétique a donné, à l'analyse :

Silice	0,586
Alumine	0,050
Chaux	0,160
Protoxide de fer	0,126
Oxide de cuivre	0,036
Magnésie	traces.

Celles d'un rouge intense contiennent jusqu'à 0,07 à 0,08 d'oxide de cuivre.

Cette composition rentre dans la formule

$$Al\,S^3 + m \left\{ \begin{matrix} Ca \\ f \\ Cu \end{matrix} \right. S^3.$$

On voit que la silice y est à un degré de saturation moins élevé que dans les scories bleues.

Ces scories sont rares (1). On ne les obtient guère qu'accidentellement sous la forme d'un enduit plus ou moins épais, à la face inférieure du gâteau de scories.

Quand le fondeur soulève le gâteau pour l'enlever, le bain métallique, un instant découvert, reçoit l'action du vent des soufflets, et il se forme de l'oxide de cuivre, qui se scorifie.

Les scories rouges sont toutes repassées aux fourneaux à manche.

Les trois espèces de scories se forment simultanément dans le fourneau. Ce qui le prouve, c'est que si on introduit un ringard, soit par le gueulard, soit par une ouverture pratiquée dans la fiervende, à la hauteur du ventre, la matière en fusion qui s'attache au ringard est ordinairement formée de deux ou trois espèces de scories. Ce qui le prouve encore, c'est que le nez est presque toujours composé de la même manière. A la hauteur de la tuyère, là où le fourneau se rétrécit tout à coup et où la température est la plus élevée, la réaction s'opère entre elles à la faveur d'un contact prolongé, et elles se résol-

(1) Autrefois on n'obtenait que de celles-là.

vent en une seule, qui dépend de leurs proportions respectives et de leur composition.

L'inégalité de saturation qu'on observe en elles tient à l'inégalité de l'action réductive du charbon sur les bases qu'elles renferment.

Matte. La matte qui recouvre le cuivre noir dans les bassins de réception est d'un gris noirâtre, métalloïde, celluleuse, lourde, non rayée par l'acier, magnétique ; elle renferme des grenailles de cuivre.

Elle est complétement attaquable par les acides nitrique et muriatique.

Elle contient, indépendamment des grenailles:

Silice.	0,305
Protoxide de fer.	0,555
Soufre.	0,023
Fer	0,018
Cuivre	0,044
Sable.	0,005

ou bien:

Silicate de fer. . .	0,860
Sulfure de fer. . . .	0,030
Sulfure de cuivre.	0,055
Sable.	0,005

La composition de cette matte se rapprochant beaucoup de celle des scories provenant du premier décrassage dans le raffinage, on peut la considérer comme une véritable scorie provenant d'un commencement de raffinage que subit le cuivre noir en séjournant dans le creuset.

La matte qui demeure dans le canal de coulée diffère de la précédente par son aspect et sa composition.

Elle est en plaques minces, gris de fer, métalloïde, brillante, cassante, à structure cellulaire, rayée faiblement par l'acier, magnétique.

Elle contient un grand nombre de parcelles de cuivre à peine visibles, et quelques grenailles rares.

Elle est rapidement et complétement attaquée par l'acide nitrique.

Elle contient :

Soufre.	0,220
Fer.	0,186
Cuivre.	0,576

ou bien :

Sulfure de fer. . . .	0,298
Sulfure de cuivre.	0,540
Cuivre.	0,144

Composition assez bien représentée par la formule $FeS^2 + 2 CuS$, abstraction faite du cuivre métallique, qui est accidentel. Les mattes sont repassées au fourneau à manche.

Cuivre noir.

Le cuivre noir est d'un gris foncé, violâtre à sa surface. Dans la cassure, il est rouge rosé, grenu à grains fins et irréguliers, presque sans éclat. Il est rayé faiblement par l'acier, s'aplatit sous le marteau en une feuille assez mince, mais alors devient aigre et se déchire facilement, se laisse couper par le tranchet, et donne une section lisse, unie, éclatante. Il est fortement magnétique.

Il fait effervescence par l'acide sulfurique étendu, à froid.

L'acide nitrique le dissout presque complétement à froid; il surnage quelques globules de soufre, et il se dépose un résidu noirâtre, facilement attaquable à chaud, et qui n'est autre chose qu'un silicate de fer composé comme celui que renferme la matte; la dissolution ne contient que du cuivre et du fer.

La composition du cuivre noir n'est pas constante. Elle varie non seulement d'une coulée à

l'autre selon l'espèce de scorie obtenue, mais encore pour une même coulée; les disques supérieurs sont plus impurs que les inférieurs. Voici le résultat moyen de plusieurs analyses faites sur les disques intermédiaires de plusieurs coulées provenant d'un travail qui avait donné des scories bleues :

Cuivre...........	0,893
Fer.............	0,065
Protoxide de fer...	0,024
Silice..........	0,013
Soufre..........	0,0034

La proportion de fer est à peu près la même quand les scories sont rouges; elle est constamment plus forte quand les scories sont noires, et s'élève à 0,077.

Plus le cuivre noir contient de fer, plus son raffinage est long et difficile. Il ne paraît pas possible de l'obtenir entièrement purgé de ce métal. Le silicate et le sulfure de fer proviennent de la matte elle-même, dont le cuivre est demeuré imbibé dans le creuset.

Quant au soufre, il ne peut provenir que du coke, le minérai n'en contenant pas. Il faut, moyennement, 77 de coke pour 100 de minérai ou 27 de cuivre pur, ou 30 de cuivre noir; 77 de coke renferment 0,1078 de soufre; 30 de cuivre noir en contiennent 0,1020: donc tout le soufre contenu dans le coke passe dans le cuivre noir, à l'exception de $\frac{1}{18}$ environ, qui demeure dans la matte, ou se volatilise.

Cadmie. Il se dépose sur les parois des cheminées, de la cadmie formée d'oxide de cuivre, d'oxide de zinc, de sable, et d'une petite quantité de soufre. Elle contient environ 0,60 de cuivre. On la re-

cueille tous les ans à la fin de la campagne, et on la fond avec du minérai à la campagne suivante.

Conséquences à tirer de ce qui précède.

Le but du fondage étant d'obtenir tout le cuivre contenu dans le minérai, avec le moins de fer possible, ce but n'est atteint que d'une manière incomplète lorsqu'il se forme des scories rouges ou noires: dans le premier cas, parce que les scories retiennent une quantité notable de cuivre; dans le second, parce que le cuivre noir contient une trop grande proportion de fer. Le but du fondage est au contraire rempli autant que possible quand il se forme des scories bleues; car ces scories ne retiennent pas sensiblement de cuivre, et le cuivre noir qui en provient ne contient que la plus petite proportion de fer.

Caractères d'un bon fondage.

D'où il suit que les scories bleues sont le caractère essentiel d'un bon fondage, et que les scories rouges et noires, notamment les premières, indiquent toujours un dérangement dans la marche du fourneau.

Caractères d'un mauvais fondage.

Causes qui tendent à déranger la marche des fourneaux.

La formation des scories rouges et noires dépend des variations qui surviennent dans la composition du minérai, celle du fondant, la qualité du coke, la température atmosphérique.

On les voit constamment apparaître dans les circonstances suivantes:

Quand la richesse d'une ou plusieurs classes de minérai vient à diminuer de manière que la richesse moyenne du mélange ne soit plus que de 0,25 environ, toutes circonstances demeurant d'ailleurs les mêmes, il se forme des scories rouges, et d'autant plus cuprifères que le mélange est plus pauvre (1), surtout si le quartz domine

(1) Ce fait, qui semble paradoxal, s'explique si l'on considère

dans les gangues. Il se forme encore des scories rouges quand l'oxide de fer se trouve en défaut dans le mélange, l'oxide de cuivre y étant d'ailleurs dans la proportion convenable, ou quand la chaux est trop anciennement préparée; et sans doute aussi quand le fondeur, par négligence, n'en étend pas la dose convenable sur le lit de fusion.

On conçoit en effet que, dans ces divers cas, la chaux, l'alumine et l'oxide de fer ne suffisant plus pour saturer la silice, il doit se scorifier de l'oxide de cuivre, et d'autant plus que la silice est plus en excès.

Si au contraire la richesse d'une ou plusieurs classes de minérai vient à augmenter, de manière que la richesse moyenne du mélange s'élève à 0,29 ou 0,30, on voit d'abord apparaître des scories rouges; et si alors on cesse de charger, ces scories sont bientôt suivies de scories noires. On observe souvent la même chose quand le schlich est en excès dans le mélange, et on l'observait constamment quand on passait le schlich riche aux fourneaux à manche. L'apparition des scories rouges peut s'expliquer ainsi. La plus grande proportion d'oxide de cuivre communique aux scories rouges qui se forment dans le fourneau au dessus de la tuyère une plus grande fusibilité, à la faveur de laquelle elles se séparent des autres espèces de scories qui se forment simultanément avant que la réaction soit complétement opérée. La formation subséquente des scories noires s'explique par l'excès

---

que le minérai le plus pauvre contient plus d'oxide de cuivre qu'il n'est nécessaire à la saturation de la silice.

de chaux qui se trouve en présence des gangues.

Quand l'oxide de fer se trouve accidentellement en excès dans le mélange des minérais, l'oxide de cuivre y étant d'ailleurs dans la proportion convenable, il se forme des scories noires et quelques grumeaux de fer, qui s'attachent çà et là aux parois du fourneau et embarrassent la descente des charges. C'est là un des cas les plus défavorables. Il doit encore se former des scories noires quand, par la négligence du fondeur, il y a un excès de chaux sur le lit de fusion, surtout si la chaux est récemment préparée. Ce cas s'explique comme le précédent, par l'excès de chaux relativement à la silice.

Quelquefois, quand le coke est de bonne qualité, frais, en gros morçeaux, et qu'en même temps l'air est très froid, on voit apparaître des scories rouges. La température du fourneau étant alors très élevée, les trois espèces de scories qui se forment simultanément se séparent dans l'ordre de leur fusibilité, avant d'avoir pu réagir complétement l'une sur l'autre.

Si au contraire, le coke est vieux et en poussière, et qu'en même temps la température de l'air s'élève à 20 ou 25 degrés centigrades, les charges descendent lentement et irrégulièrement, faute de chaleur dans le foyer; encore bien qu'on augmente la proportion des scories dans la charge, pour augmenter la fusibilité des matières.

Ces différens cas sont tous exprimés par la formule suivante : les scories rouges proviennent d'un défaut de chaux ou d'un excès de chaleur dans le foyer; les scories noires proviennent d'un excès de chaux.

Les fourneaux à manche, bien différens en cela des hauts-fourneaux, manifestent très vite les dérangemens qui surviennent en eux, et peuvent être ramenés promptement à une marche régulière par un traitement convenable. L'aspect de la tuyère, la longueur du nez, la vitesse de la descente des charges indiquent fidèlement l'état intérieur du fourneau.

Signes qui annoncent ces dérangemens.

Une tuyère obstruée et plus sombre que de coutume, un nez qui tend à s'allonger, la descente lente et embarrassée des charges annoncent des scories noires, ou un défaut de chaleur dans le foyer.

Une tuyère qui s'éclaircit, un nez qui tend à se raccourcir, la descente rapide et irrégulière des charges annoncent des scories rouges.

Moyens d'y remédier.

Aussitôt que le fondeur est averti par les signes précédens qu'il se prépare des scories rouges, il doit diminuer le vent, et charger en menu coke, afin de diminuer la température du foyer. Si cependant les scories arrivent rouges dans le bassin, il doit suspendre le chargement et attendre. Si les scories rouges continuent à se montrer, il augmente un peu la proportion du minérai riche dans le lit de fusion, ou il ajoute quelques scories de raffinage. Ces dernières, cependant, ne doivent être employées qu'avec ménagement, à cause de leur grande fusibilité, et il ne faut guère outre-passer la proportion indiquée au commencement, si ce n'est en été, lorsqu'on n'a pas à craindre que la température du foyer soit trop élevée. Si, au contraire, les scories noires succèdent aux rouges, le fondeur augmente un peu la proportion du minérai pauvre dans le lit de fusion et rétablit le vent.

Quand le fondeur est averti qu'il se prépare des scories noires, ou que le foyer manque de chaleur, il doit augmenter le vent, et à la première charge employer du coke frais et en gros morceaux. Si les scories arrivent bleues, il doit se borner à graduer la température du foyer de manière à ce que les charges descendent avec la vitesse convenable. Si au contraire les scories sont noires, il n'a qu'à diminuer peu à peu la proportion de chaux dans le lit de fusion.

L'emploi, fait avec discernement, de ces différens moyens ramène toujours un fourneau à la bonne marche quand il s'en est écarté (1). Leur action s'explique d'ailleurs facilement par tout ce qui précède.

Fin de la campagne.

La campagne finit ordinairement aux premiers jours de juillet, les eaux de l'Azergue étant trop basses vers cette époque pour faire mouvoir les soufflets. On arrête les fourneaux, on enlève les fiervendes, on détruit les bassins d'avant-foyer. Les fourneaux ont alors acquis un ventre considérable, à peu près circulaire, dont le grand axe, perpendiculaire à la fiervende, a environ $1^m,90$ et le petit axe, $1^m,50$. On y trouve çà et là, et surtout dans le creuset, des grumeaux de fer métalliques attachés aux parois, et quelquefois du cuivre oxidulé fondu, étendu en léger enduit (2). On défait la chemise, et on en construit

(1) Les fondeurs ne connaissent pas encore bien ce traitement; ils ont besoin d'être instruits et surveillés, surtout en ce qui concerne les scories noires : abandonnés à eux-mêmes, ils ne font rien pour les prévenir, comme, autrefois, pour les scories rouges.

(2) Quand la sole était formée d'une couche de quartz pulvérisé, elle s'élevait graduellement pendant toute la

une nouvelle ayant les dimensions déjà indiquées, avec des pierres préparées à l'avance. On répare aussi les soufflets, les roues, les tuyaux de conduite, les manœuvres d'eau, etc.

Vers la fin de septembre, les eaux sont assez élevées pour faire mouvoir les soufflets, et on commence une campagne nouvelle.

Ainsi, une campagne dure environ neuf mois (1).

Améliorations dont le procédé serait susceptible.

Le procédé de fondage, tel qu'il vient d'être exposé, convient bien au traitement des minérais maigres et médiocres ; mais il est tout à fait impropre au traitement des minérais riches, à cause de la grande quantité de scories cuprifères qui se forment alors dans le foyer, et de la difficulté de les y maintenir assez long-temps pour opérer leur réduction complète. Ces minérais riches, et principalement celui en boules, qui est presque uniquement formé de cuivre carbonaté pur, seraient fondus beaucoup plus avantageusement dans des fourneaux à réverbère (2), avec du charbon pulvérisé et une petite quantité de

---

campagne, en sorte que la capacité du creuset allait sans cesse en diminuant. A la fin de la campagne, on trouvait un énorme renard formé de grains de quartz agglutinés entre eux par des matières scoriformes, et traversé par des veines de cuivre, de fer et de cuivre oxidulé. On enlevait ce renard avec beaucoup de peine, on le réduisait en morceaux, et on le fondait avec le minérai à la campagne suivante.

(1) On pourrait certainement prolonger la durée de la campagne ; mais il faudrait changer les machines qui sont toutes mauvaises, et tirer un meilleur parti de la chute d'eau dont on dispose.

(2) On verra plus tard comment une partie pourrait être employée dans le raffinage du cuivre noir.

chaux et de scories communes aussi pulvérisées, que l'on ajouterait pendant la fusion. Par ce moyen, il ne se formerait qu'une petite quantité de scories presque entièrement dépouillées de cuivre, et on obtiendrait un cuivre noir ne contenant qu'une trace insensible de fer, et probablement susceptible d'être raffiné par une simple fusion. On pourrait employer la houille de Sainte-Foy pour ce fondage, comme on l'emploie déjà pour le raffinage, et il en résulterait une économie considérable sur le combustible.

Le procédé, qui s'exécute dans les fourneaux à manche, réclame lui-même quelques modifications, surtout quant à la forme du fourneau.

Le gneiss qui sert à la construction de la chemise est très fusible en contact avec le minérai, la chaux et les scories, en sorte que la forme de la chemise varie depuis le commencement de la campagne jusqu'à la fin. Entre toutes ces formes, une seule est plus convenable que toutes les autres; si on la connaissait, il est évident qu'il vaudrait mieux la donner directement à la chemise que d'attendre qu'elle la reçût passagèrement de l'action fondante des matières; seulement, pour la soustraire à cette action, il faudrait substituer au gneiss des briques fortement réfractaires, comme celles dont est faite la sole : or, il est facile de connaître cette forme. En effet, il y a, dans le cours de la campagne, une époque où les fourneaux ont la meilleure marche, et après laquelle ils ne font plus que décliner. Il suffirait d'arrêter un fourneau vers cette époque pour huit jours seulement, et d'observer la forme qu'a reçue alors la chemise.

Il conviendrait aussi de supprimer les tables,

de mettre le fond du creuset au niveau du sol de l'usine, et de remplacer le bassin d'avant-foyer par un simple prolongement du creuset en briques réfractaires, comme le creuset lui-même. La tuyère devrait être abaissée d'autant que le fond du creuset. On coulerait le cuivre noir, comme une gueuse, dans une rigole prismatique creusée dans le sol de l'usine. On obtiendrait ainsi des coulées plus fortes, on éviterait la réparation dispendieuse des bassins toutes les semaines, et le fondage serait continu depuis le commencement jusqu'à la fin de la campagne.

Mais ces perfectionnemens doivent être ajournés indéfiniment, à cause de l'état précaire où se trouve la fonderie, faute des mesures propres à assurer la durée de l'exploitation.

SECONDE PARTIE.

Raffinage du cuivre noir.

But du raffinage.

Le but du raffinage est de séparer du cuivre les substances étrangères qui lui sont unies dans le cuivre noir. On a vu que ces substances sont le fer, le protoxide de fer, la silice et le soufre; le moyen de séparation employé est la scorification.

Description de fourneaux à réverbère.

On raffine le cuivre noir dans des fourneaux à réverbère; il y en a deux qui servent alternativement, ils sont ainsi construits :

(Voy. les figures 1, 2, 3 et 4.)

Le massif est en pierres de gneiss reliées entre elles par des traverses en fer. La chemise, la voûte, le pont sont en briques réfractaires faites d'un mélange d'argile de Bourgogne et de quartz pulvérisé; on les refait à chaque campagne. Deux bassins, situés extérieurement, sont joints au massif; ils communiquent avec la sole chacun à

l'aide d'un canal particulier, et sont destinés à recevoir le cuivre raffiné : on les appelle *bassins de réception* ou *de percée*.

La sole est formée de trois couches de brasque battue sur une contresole en argile. Cette contresole repose sur un lit de briques réfractaires, qui repose lui-même sur une couche de scories étendue sur la partie du massif qui sert de fondation. La brasque est composée de deux parties d'argile, deux de charbon et une de sable, le tout pulvérisé, passé au crible, intimement mêlé et légèrement humecté. La première couche doit être refaite à chaque opération, les deux autres peuvent durer toute la campagne. La sole a la figure d'un ovale presque circulaire, dont le grand axe a $2^m,60$ et le petit axe $2^m,10$; elle a $0^m,24$ d'épaisseur, chaque couche ayant $0^m,08$; elle est creusée en forme de bassin, et son centre est $0^m,15$ au dessous des bords; deux passages faiblement inclinés mettent en communication le centre et les canaux, qui aboutissent aux bassins de percée. Ces canaux sont terminés chacun par deux petits murs qui comprennent entre eux une ouverture rectangulaire destinée à l'écoulement du métal, et exactement fermée pendant l'opération avec une pelote d'argile et une brique que l'on place au devant. L'un de ces canaux est situé à l'extrémité du grand axe de la sole; l'autre est situé antérieurement, et sa direction, qui passe à peu de distance du centre de la sole, fait un angle d'environ 60° avec le grand axe. La grille, située obliquement et d'un même côté par rapport à la sole, a $1^m,72$ de longueur et $0^m,44$ de largeur.

Le pont, par suite de l'obliquité de la grille, a pour base un trapèze. Il a $0^m,80$ de longueur

du côté de la sole, et $1^m,00$ du côté de la grille; sa largeur, prise sur le prolongement de l'axe de la sole, est $0^m,50$; il ne s'élève qu'insensiblement au dessus de la sole; sa hauteur au dessus de la grille est $0^m,32$.

La voûte a la forme d'une calotte ellipsoïdale, dont le point culminant se projette au centre de la sole. Elle repose sur un petit mur en briques qui entoure la sole et forme la chemise. La chausse et le pont sont recouverts chacun par une petite voûte particulière (1). La hauteur de la voûte principale au dessus du pont est $0^m,30$; au dessus du centre de la sole, $0^m,86$; à l'extrémité du grand axe, $0^m,72$. On voit que, contrairement aux principes, la voûte s'éloigne de la sole en s'éloignant du pont. Il en résulte, d'une part, que, la flamme, étranglée dans son passage au dessus du pont, n'arrive aux extrémités de la sole qu'après avoir subi un refroidissement considérable, ce qui augmente la durée de l'opération et la dépense en combustible; et, d'une autre part, qu'elle détruit rapidement les voûtes qui surmontent la chauffe et le pont, et le pont lui-même, ce qui abrège la durée de la campagne.

La tuyère, placée sur le derrière, à peu de distance du pont, reçoit les buses de deux soufflets en cuir destinés à lancer dans le fourneau la quantité d'air nécessaire à la scorification. Cette tuyère est faiblement plongeante sur la sole. Sa direction horizontale passe à $0^m,42$ du centre de la sole du côté du pont, et fait avec le grand axe

(1) La voûte de la chauffe est un berceau dont la courbe est une anse de panier à trois centres : on attachait alors beaucoup d'importance aux formes compliquées en métallurgie.

un angle de 60°, ce qui détermine sa position.

Il y a quatre ouvertures au fourneau : *la porte de la chauffe*, par laquelle on charge le combustible sur la grille ; *la porte du travail*, par laquelle on enlève les scories ; et deux *fenêtres*, par l'une desquelles on introduit la charge dans le fourneau. Ces fenêtres sont situées aux extrémités des canaux qui mettent en communication la sole et les bassins de réception, et les cintres qui les forment reposent sur les petits murs qui terminent les canaux et comprennent les trous de coulée. Une petite cheminée placée au dessus de la porte de travail a pour but d'empêcher la flamme de sortir quand cette porte est ouverte pour l'enlèvement des scories.

Les bassins de réception ont, intérieurement, la forme d'un cône renversé ; ils ont $0^m,45$ de profondeur, et $1^m,14$ de diamètre ; chacun d'eux peut contenir 1346 kilogrammes de cuivre. Ils sont creusés dans de la brasque fortement battue et contenue dans des cylindres construits en maçonnerie reliée par des bandes et des cercles en fer, et dont la hauteur est d'environ $0^m,65$. La brasque est composée de parties égales d'argile et de charbon pulvérisé. Ces bassins peuvent durer toute une campagne, mais ils doivent être réparés à chaque opération. On les échauffe quelques heures avant la coulée, en y brûlant du charbon de bois pour en chasser l'humidité.

La cheminée a $12^m,18$ de hauteur au dessus du sol de l'usine, et 10 mètres au dessus de la grille. Elle communique avec l'intérieur du fourneau par le canal situé à l'extrémité du grand axe de la sole.

On a ménagé tout autour de la sole, dans l'é-

paisseur des murs, deux rangs de ventouses ou soupiraux, qui prennent naissance au lit de briques et aux couches de brasque, et montant obliquement jusqu'au dehors. Ces ventouses servent à l'évaporation de l'humidité et même du gaz qui proviennent de la décomposition de l'eau par le charbon de la brasque; elles sont absolument nécessaires. A leur défaut, l'humidité s'échapperait à travers les murs, désunirait les pierres et détruirait le fourneau en peu de temps. Il y a aussi des ventouses aux bassins de réception, par la même raison. Chaque fourneau est servi par un poste composé d'un raffineur et un aide (1).

Combustible.

Le combustible est de la houille de Sainte-Foy, que l'on exploite dans la vallée de la Brevanne, à quatre lieues au dessus de l'Arbresle. Cette houille est schisteuse, d'un noir tirant sur le gris de fer, peu éclatante, cassante, renfermant beaucoup de pyrites. Elle pétille au feu, se divise en fragmens, brûle avec une flamme blanche, claire, volumineuse, et donne beaucoup de cendres. Elle contient :

Bitume et soufre.	0,36
Carbone......	0,46
Cendres......	0,18

La consommation est d'environ 1,800 kilogrammes par raffinage, à moins d'accidens qui prolongent la durée de l'opération.

C'est depuis peu de temps seulement qu'on

(1) Il y avait autrefois deux raffineurs et deux aides pour un même fourneau ; mais ces quatre ouvriers n'étaient pas utilement employés. Deux suffisent au raffinage proprement dit, et on réunit les deux postes pour le chargement et la coulée.

emploie la houille. Autrefois on brûlait du bois de hêtre, tremble et peuplier, que l'on tirait de la Bourgogne. On en consommait, moyennement, sept moules (1) par raffinage. Il est facile de calculer l'économie qui est résultée du changement de combustible.

7 moules, à 24 fr. l'un.		168f,00
1,800 kilog. houille, à 3f,10 les 100 kil.	55,80	.. 67,80
3 voies de charbon pour échauffer les bassins, à 4 fr. (2)	12,00	
		100f,20

L'économie est de 100 francs 20 centimes par raffinage.

Composition de la charge.

La charge se compose de 3,000 kilogrammes de cuivre noir, auxquels on ajoute des grenailles de cuivre provenant des opérations précédentes, des débris de magasins, et quelquefois du cuivre de cémentation (3).

Chargement du fourneau.

Après que le raffineur a refait la première couche de la sole, il se fait apporter de la paille par un aide, et il en couvre toute la surface de la sole sur une épaisseur de trois ou quatre doigts, pour empêcher que le cuivre noir ne laboure la brasque : cela fait, il reçoit les morceaux de cuivre noir que l'aide lui passe par la fenêtre, et il les pose sur leur plat les uns au dessus des autres, en ménageant un certain espace entre eux,

(1) Le moule vaut 64 pieds cubes.

(2) Lorsqu'on brûlait du bois, on se servait de la braise qui tombait sous la grille pour échauffer les bassins ; celle de la houille contient trop de cendres pour servir au même usage.

(3) Ce cuivre provient des eaux d'une ancienne mine de cuivre pyriteux près Sainbel, maintenant abandonnée.

afin que la flamme puisse circuler librement ; il laisse aussi un espace libre dans un rayon de 0m,50 autour de la tuyère, pour que le vent puisse pénétrer dans le fourneau. Quant aux grenailles, débris, etc., il les place d'une manière quelconque. Dans cette opération, le poste de service est aidé par l'autre. Le chargement terminé, on ferme la porte du travail et les deux fenêtres avec de grandes briques faites d'argile ordinaire et de paille hachée. Le fondeur place devant la tuyère une pelote d'argile appelée *moustache*, destinée à diriger le vent des soufflets vers la voûte ; l'aide charge la grille de houille, et met le feu.

Description du travail.

Quand le fourneau est bien sec, on pousse le feu dès le commencement autant que possible, et au bout de deux ou trois heures le métal est parfaitement rouge. Quand au contraire on a dû faire d'importantes réparations à la sole, à la chemise ou à la voûte, on doit ménager le feu et le conduire de manière que le métal ne soit rouge qu'au bout de cinq ou six heures : ce dernier cas se présente rarement. On peut observer l'intérieur du fourneau par un petit trou pratiqué dans le milieu de la brique qui ferme la porte du travail, et appelé *œil*. Ce n'est que lorsque le cuivre est parfaitement rouge que l'on fait agir les soufflets ; il devient d'abord pâteux et dégoutte ensuite peu à peu jusqu'à ce qu'il soit entièrement fondu. Il s'écoule cinq à six heures depuis le rouge jusqu'à la fusion parfaite ; pendant tout ce temps, l'aide doit entretenir la grille constamment chargée de houille à la plus grande hauteur, et visiter souvent le cendrier pour le débarrasser des cendres qui l'encombrent et obstruent le passage de l'air ; en même temps, le raffineur allume et entretient

le feu dans les bassins de percée, pour en chasser l'humidité ; il doit aussi veiller à ce que la porte de la chauffe ne soit ouverte que pour introduire le combustible, et à ce que toutes les ouvertures soient exactement fermées. Cependant, à la dernière heure, il débouche l'œil de temps en temps, pour reconnaître l'état du cuivre.

Quand le cuivre noir est entièrement fondu, sa surface est recouverte d'une couche assez épaisse de scories. Le raffineur enlève la brique qui ferme la porte du travail, dispose une barre de fer en travers et au devant de la porte, et armé d'un long râble qu'il fait glisser sur la barre, il rassemble les scories éparses sur le bain, les amène près de la porte, et les fait tomber sur le sol de l'usine ; l'aide les refroidit aussitôt avec de l'eau. Cette opération s'appelle le *premier décrassage*. Dès que toutes les scories sont enlevées, que la surface du bain est bien nette, on referme la porte avec la même brique, et on fait sauter la moustache : alors le vent frappe directement sur le cuivre. A partir de ce moment, le raffineur doit visiter souvent la tuyère, pour en ôter avec une baguette de fer les morceaux de cuivre qui peuvent s'y attacher figés par le vent, et qui tendent à l'obstruer ; ces morceaux sont quelquefois tellement adhérens, qu'on ne peut les détacher qu'avec le marteau.

Cependant il se forme de nouveau des scories ; mais tandis que les précédentes s'étaient produites en abondance et subitement, celles-ci n'apparaissent que lentement et successivement. Le raffineur les enlève avec son râble comme les précédentes, à mesure qu'elles se forment. C'est là le *second décrassage*. Il exige plus d'adresse et

de soin que le premier, et dure beaucoup plus de temps, environ quatre à cinq heures. Il est très important que les scories soient enlevées à mesure qu'elles se forment, parce que s'opposant à l'action du vent sur le bain métallique, elles ralentissent la scorification et par conséquent le raffinage; et on doit d'autant plus y veiller, que le raffineur est naturellement porté, pour diminuer sa peine, à les laisser accumuler, pour pouvoir les enlever ensuite en une fois ou deux. Pendant tout le temps que dure ce décrassage, la porte du travail ne doit rester ouverte qu'autant que le travail l'exige.

Au bout de quatre à cinq heures, il ne se forme plus sensiblement de scories : on ferme la porte, et on active le feu. Alors on voit apparaître çà et là de grosses bulles à la surface du bain, d'abord rares, ensuite fréquentes; bientôt la masse entière paraît éprouver une ébullition rapide et tumultueuse. Les ouvriers disent alors que le cuivre *travaille*. Ce mouvement dure ordinairement trois quarts d'heure ou une heure, quelquefois une heure et demie; après quoi, il s'arrête de lui-même sans que la température ait diminué.

Quand l'opération est arrivée à ce point, le raffineur examine l'état du cuivre. Il prend une baguette de fer arrondie et polie à ses deux extrémités, et de $0^m,25$ environ de longueur, il la passe par la tuyère, la trempe dans le bain métallique, l'en retire promptement et la plonge dans un petit baquet plein d'eau. Quand elle est refroidie, il en détache le cuivre avec un marteau. Le raffinage est terminé quand l'essai présente les caractères suivans : mamelonné, uni;

çà et là quelques cavités, trous ou piqûres ; rouge foncé, quelques taches fort unies d'un rouge sanguin très vif, comme appliquées au pinceau; cassant, se déchirant sous le marteau ; un ou deux petits crochets à l'extrémité; dans sa cassure, rouge de cuivre clair, brillant, avec une teinte carminée. Il ne s'écoule pas plus de trois quarts d'heure entre la fin du *travaillement* et l'instant où l'essai présente ces caractères. Durant ce temps, le raffineur doit prendre d'abord au moins un essai toutes les dix minutes, et à la fin toutes les trois minutes. Tous les essais doivent être rejetés dans le bain après avoir été examinés.

Lorsque le moment est venu de couler, l'autre poste se réunit à celui de service pour l'aider. Les aides placent dans chacun des trous de percée l'extrémité pointue d'une barre de fer rond dont l'autre extrémité est garnie d'un bouton; les raffineurs frappent à coups de masse sur ces barres, pour les faire pénétrer dans la pelote d'argile jusqu'à la brique placée au devant du trou: alors les aides saisissent les barres avec une espèce de fourche au dessous du bouton, afin de pouvoir les retirer facilement et sans danger, et les deux raffineurs font sauter les deux briques ensemble. Le cuivre coule rapidement et avec bruit dans les deux bassins, en brillant d'une si vive lumière, que l'œil n'en peut supporter l'éclat; il exhale une faible odeur de soufre. Quelquefois, par la maladresse des raffineurs, l'un des trous de percée est ouvert avant l'autre, et le cuivre coule dans un seul bassin: alors en ouvrant le canal qui met en communication les deux bassins, on évite le débordement et les graves accidens qui en seraient la suite.

Tout le cuivre abandonne la sole, et coule dans les bassins, à l'exception d'une faible portion qui a pénétré la première couche, et qu'on en retire plus tard sous forme de grenailles. Les raffineurs enlèvent avec un râble les scories qui le recouvrent, et les restes flottans du charbon qui a servi à échauffer les bassins. Alors il s'élève de la surface du cuivre une fumée rougeâtre, formée d'une multitude de petits globules sphériques, animés d'une vitesse de rotation prodigieuse. Ces globules sont soulevés par l'air qui tourbillonne au dessus des bassins; ils sont formés d'un noyau de cuivre revêtu de couches concentriques de protoxide de cuivre, espèce de *battiture*, qu'on en sépare facilement (1).

On refroidit le cuivre en faisant jouer à sa surface quelques soufflets à bras; une couche mince se fige; on y répand un peu d'eau, que l'on renouvelle jusqu'à ce qu'elle acquière assez de consistance pour être enlevée. Ces couches, d'un énorme poids, ne pourraient être enlevées par les seuls raffineurs et leurs aides; on leur adjoint six ouvriers par bassin, pris parmi ceux de la fonderie dont les travaux puissent être interrompus sans inconvéniens, en sorte que chaque bassin est servi par huit ouvriers. Ceux-ci armés de longues barres de fer terminées en fourche, qu'ils manœuvrent d'abord comme

(1) Pour recueillir ces globules, on place une pelle dans la fumée qui s'élève au dessus des bassins; elle se recouvre d'une poussière d'un beau rouge foncé, qui en est formée: cette poussière peut servir à sécher l'écriture. Lorsque des étrangers viennent visiter la fonderie au moment de la coulée d'un raffinage, les ouvriers ne manquent pas d'en recueillir sous leurs yeux et de la leur offrir.

des leviers en prenant leurs points d'appui sur les cercles de fer qui couronnent les bassins, saisissent le gâteau de cuivre flottant, le soulèvent et, faisant effort en même temps, le projettent en le retournant dans une large cuve voisine remplie d'eau, qui se renouvelle continuellement. Quand le premier gâteau est enlevé, on en forme un second, qu'on enlève de la même manière et ainsi de suite. A raison de la forme conique des bassins de percée, le diamètre des gâteaux va en diminuant, et par conséquent leur pesanteur; on renvoie successivement à leur travail ordinaire les ouvriers devenus surabondans. A mesure que les gâteaux se refroidissent dans les cuves, on les en retire à la main. Deux hommes sont préposés à ce travail, qui marche en même temps que celui des bassins. Les raffineurs qui dirigent tout ce mouvement doivent veiller à ce que les gâteaux soient retournés dans leur immersion; sans cette précaution, on s'exposerait à de graves accidens. Les gâteaux laissent au fond des cuves quelques grenailles, que l'on recueille et que l'on passe au raffinage suivant.

Quelquefois le raffineur laisse passer l'instant où il convient de couler le cuivre, celui-ci devient pâteux et d'un rouge plus foncé. Les ouvriers disent alors que le cuivre est *passé*, ou qu'il est *trop haut*. Dans ce cas, les gâteaux de rosette se lèvent très épais, et leur transport dans les cuves est extraordinairement pénible. Pour obvier à cet inconvénient, on jette dans le bain, au moment de la coulée, 3 ou 4 kilogrammes de plomb. Les gâteaux de rosette se

lèvent alors facilement et avec le degré d'épaisseur convenable (1).

L'opération terminée, les raffineurs doivent rassembler tous les outils, les mettre en place, et porter à la forge ceux qui auraient besoin de réparation; les aides doivent balayer le devant du fourneau. Après quoi, les deux postes réunis se disposent au chargement de l'autre fourneau.

On peut distinguer dans ce procédé cinq parties, savoir: la fusion, le premier décrassage, le second décrassage, le travaillement et la prise des essais.

L'opération dure seize à dix-sept heures. Le fourneau étant chargé, on met le feu à cinq heures du soir, et quand l'opération a été bien conduite, on peut couler le lendemain à neuf heures du matin.

On fait quatre raffinages par semaine, deux dans chaque fourneau.

La coulée pèse, moyennement, 2510 kilogrammes. Le *déchet* est donc de 15 à 17 pour 100. On trouvera plus bas le calcul de la *perte*.

Les grenailles qui retiennent les scories pèsent moyennement 108 kil. Les grenailles des cuves

(1) Cette faible proportion de plomb n'agit pas sensiblement sur la ductilité et la malléabilité du cuivre; mais elle altère singulièrement sa ténacité, à ce point qu'il n'est plus possible de l'étirer en fils, parce qu'il se rompt à chaque instant. Un fabricant à qui on avait envoyé de la rosette qui ne contenait pas 0,001 de plomb, reconnut tout de suite à cette épreuve la présence de ce métal. La rosette *au plomb* ne convient pas non plus aux fabricans de bijoux imitant l'or, parce que ces bijoux noircissent alors promptement.

pèsent 20 kil. Les grenailles de la couche peuvent être évaluées à 40 kilogrammes. Pour recueillir ces dernières, on bocarde la couche, et on lave la poussière sur les tables à secousses.

Avant qu'on n'ajoutât les grenailles et débris de magasin au cuivre noir, la coulée pesait moyennement 2455 kilogrammes.

Les scories pèsent 540 kilogrammes, celles du premier décrassage pèsent 140.

Les gâteaux de cuivre, après avoir été pesés, sont mis en magasin; ils sont ensuite découpés, redressés, empilés dans des tonneaux, pesés de nouveau, et expédiés dans le commerce sous le nom de *cuivre-rosette*, qu'ils doivent à leur couleur rouge. Ce cuivre exige une nouvelle fusion pour pouvoir être étiré en barres, en plaques ou en fils. La plus grande partie est mise en œuvre à Lyon et dans les environs.

Examen des produits du raffinage.

Les produits du raffinage sont, dans l'ordre où on les obtient, 1°. les scories; 2°. le cuivre-rosette; 3°. les grenailles des cuves et de la brasque; 4°. la cadmie.

Scories.

Les scories en général sont caverneuses; compactes ou grenues à grains très fins, quelquefois cristallins; d'un gris de fer plus ou moins foncé, métalloïdes, opaques, lourdes. Leur cassure est inégale, anguleuse; on y rencontre çà et là de petits cristaux rougeâtres de silicate ou d'oxide de cuivre. Elles raient faiblement le verre, et sont magnétiques. Elles renferment beaucoup de grenailles de cuivre dans la proportion de 0,20 environ.

Elles fondent facilement au chalumeau, et donnent un hépar avec la soude.

Les acides nitrique et muriatique les atta-

quent complétement à chaud, faiblement à froid. Les scories du premier décrassage sont les plus caverneuses. Elles retiennent souvent de la brasque enlevée à la sole, et quelques fragmens de paille carbonisée.

Elles contiennent :

Silice.	0,275
Protoxide de fer. . . .	0,579
Deutoxide de cuivre.	0,020
Alumine	0,013
Soufre.	0,042
Fer.	0,068

On peut les regarder comme formées du silicate fS, mélangé en petite proportion des silicates CuS et AS^2, et du sulfure FeS^2.

Les scories du second décrassage varient dans leur aspect et leur composition, selon l'époque du travail.

Les premières sont peu caverneuses, bien fondues, homogènes, très lourdes, très magnétiques.

Elles contiennent :

Silice	0,130
Protoxide de fer. . . .	0,750
Deutoxide de cuivre.	0,035
Alumine.	0,002
Soufre.	0,025
Fer.	0,042

Elles sont composées d'un silicate de fer approchant de f^3S, et mélangé en petite proportion des mêmes silicate et sulfure que précédemment.

Les dernières scories ressemblent à celles du premier décrassage ; elles ne s'en distinguent guère que par une plus grande quantité de grenailles, et l'absence constante de débris de paille

carbonisée. Elles paraissent aussi un peu plus complétement fondues. Leur composition est un peu variable.

Voici les résultats moyens de plusieurs analyses :

Silice.	0,262
Protoxide de fer. . .	0,660
Deutoxide de cuivre.	0,040
Soufre.	0,013
Fer.	0,022

Elles sont composées d'un silicate de fer approchant de fS, mélangé en petite proportion de CuS et de FeS^2.

Les scories qui se forment dans le courant de ce décrassage ont des compositions comprises entre celles-ci, et qui s'en rapprochent plus ou moins selon l'époque de leur formation. En général, elles sont composées d'un silicate de fer qui varie entre f^3S et fS, et d'une proportion décroissante du sulfure FeS^2.

Quand le raffinage allait au bois, les scories renfermaient à peu près les mêmes silicates, mais la proportion de sulfure était moindre.

Voici les résultats des analyses.

Scories du premier décrassage.

Silice.	0,330
Protoxide de fer. . . .	0,621
Deutoxide de cuivre.	0,012
Alumine.	0,020
Soufre.	0,006

Scories du second décrassage.

Premières.

Silice.	0,139
Protoxide de fer. . . .	0,769
Deutoxide de cuivre. .	0,050

Soufre.	0,006
Alumine.	traces.
Dernières.	
Silice	0,220
Protoxide de fer.	0,684
Oxide de cuivre.	0,090
Soufre.	traces.

Les scories de raffinage sont toutes passées aux fourneaux à manche, comme il a été dit dans la première partie.

Cuivre-rosette.

Le cuivre-rosette, à sa surface, est mamelonné, parsemé d'une multitude de petits trous ou cavités; d'un rouge foncé plus ou moins violet. Dans sa cassure, il est très caverneux, grenu à grains inégaux, plats, irréguliers, peu serrés et comme agglutinés entre eux ; rouge clair, brillant. Il s'aplatit sous le marteau, mais en couche mince, il se déchire. Il donne, avec le tranchet, une section lisse, très éclatante.

Il se dissout complétement à froid dans l'acide nitrique. La dissolution donne, par le nitrate de baryte, un très faible précipité, qui ne se manifeste qu'au bout de quelques heures. Du reste, on n'y trouve ni fer, ni zinc, ni argent, ni plomb, ni étain.

Sa couleur indique qu'il est imprégné d'une certaine quantité de protoxide: pour doser celui-ci, on a fondu 10g de rosette dans un creuset brasqué de charbon, et on a pesé soigneusement le culot, après l'avoir martelé et essuyé.

10 gr. de rosette, pris à la surface des gâteaux, ont perdu 0,08.

10 gr. pris à l'intérieur ont perdu 0,04.

Le cuivre-rosette contient donc 0,07 de protoxide à la surface des gâteaux, et 0,035 à l'intérieur.

Ces résultats ont été obtenus plusieurs fois. Le culot était constamment bien fondu, bien ramassé dans toutes ses parties, très malléable, et d'un rouge pur de cuivre, sans aucune teinte carminée.

Grenailles.

Connaissant la composition du cuivre-rosette, on peut maintenant calculer la *perte* subie pendant le raffinage.

On introduit dans le fourneau :

3000 k. cuivre noir, ou 2681 cuivre pur, ou

En cuivre rosette. 2694,

on en retire

En gâteaux....... 2510 k. } 2618
En grenailles (1). 108 }

Différence. 76

Ainsi la *perte* est de 2 à 3 pour 100.

Les grenailles des cuves sont du cuivre-rosette sensiblement pur.

Les grenailles de la couche retiennent encore, après le lavage, de la brasque pulvérisée ; elles contiennent environ 0,80 de cuivre.

On a vu que ces grenailles sont refondues aux fourneaux à réverbère avec le cuivre noir.

Cadmie.

Il se dépose de la cadmie dans l'intérieur des cheminées. Elle est formée de protoxide et de deutoxide de cuivre. Il se dépose aussi de la cadmie folle sur les fourneaux, les pièces de charpente et les toitures : on les recueille tous les ans à la fin de la campagne, et on les passe aux fourneaux à manche avec le minérai.

(1) Il est évident qu'on ne doit tenir compte que des grenailles des scories, puisqu'on ajoute constamment au cuivre noir dans le chargement les autres grenailles provenant de l'opération précédente.

Examen des modifications successives que reçoit le cuivre noir pendant le raffinage.

Le cuivre noir est d'abord exposé à l'action du soufre qui se dégage du combustible, et il se forme des sulfures à sa surface. Plus tard, quand il a atteint la température du rouge cerise, il reçoit l'action de l'air lancé par les soufflets; les sulfures se décomposent en partie, et il se forme de l'oxide de cuivre et une petite quantité d'oxide de fer. Bientôt le cuivre est en pleine fusion et sa surface est recouverte d'une couche de scories, que l'on enlève aussitôt. Il résulte de la composition et du poids de ces scories, qu'elles sont formées principalement du silicate de protoxide de fer dont le cuivre noir était imprégné. La silice s'y trouve à un degré de saturation un peu plus élevé, à cause de la petite quantité d'oxide de fer qui s'est formée.

Après le premier décrassage, le cuivre ne contient plus que du fer et du soufre. Le fer continue à s'oxider; l'oxide, à mesure qu'il se forme, se scorifie en agissant sur les parois de la chemise et l'argile de la brasque; en même temps il se dégage de l'acide sulfureux de la surface, et il se scorifie du sulfure de fer enveloppé par le silicate et soustrait à l'action de l'air. Pour observer directement les modifications successives que subit le cuivre à partir du premier décrassage, j'ai pris, à des temps rapprochés et aux époques principales de l'opération, une suite d'essais dont j'ai examiné l'aspect et la composition. Le tableau suivant présente les résultats de cet examen.

Nos. d'ordre.	ÉPOQUE DE LA PRISE.	PROPRIÉTÉS PHYSIQUES.	COMPOSITION.		
			Fer.	Soufr.	Oxig.
1	Après le premier décrassage.	Uni ; rouge pâle, tacheté de noir ; cassant, rouge cendré dans la cassure.........	0,060	0,011	»
2	1 heure après le précédent...	Inégal ; rouge terne, tacheté de gris et de jaune laiton ; cassant, rouge plus clair dans la cassure..................	0,030	0,005	»
3	*Id*............	Raboteux ; éminences percées de petits trous ; rouge violet, quelques taches ; cassant, rouge plus clair dans la cassure..................	0,017	0,005	»
4	*Id*............	Raboteux ; éminences plus élevées, toujours percées ; rouge violet, tacheté de gris ; moins cassant, rouge plus clair dans la cassure.............	0,012	0,005	»
5	Au commencement du travaillement....	Raboteux ; éminences fermées en partie ; rouge violet, malléable.................	traces	0,004	0,003
6	½ heure après le précédent...	Éminences fermées entièrement.....................	»	0,004	0,005
7	Après le travaillement....	Mamelonné ; cavités, trous autour des éminences ; beau rouge foncé ; malléable ; rouge pur de cuivre dans la cassure.	»	traces	0,006
8	½ heure après le précédent...	Mamelonné ; mêmes trous et cavités ; moins malléable ; se déchire après s'être aplati sous le marteau................	»	traces	0,007
9	Au moment de la coulée, ¼ d'h. après le précédent	Mamelonné, uni ; çà et là quelques cavités, trous ou piqûres ; beau rouge carmin, quelques taches fort unies d'un rouge sanguin très vif ; peu malléable ; se déchirant sous le marteau ; un ou deux petits crochets à l'extrémité ; dans la cassure, rouge de cuivre pur avec une teinte carminée.	»	traces	0,008

Conséquences à tirer de ce qui précède.

On peut tirer de ce qui précède les conséquences suivantes :

1°. Le premier décrassage a pour effet principal de séparer du cuivre noir le silicate de protoxide de fer dont il est imprégné.

2°. Le second décrassage a pour effet de séparer tout le fer métallique et une partie du soufre.

3°. Dans le travaillement, les dernières portions de soufre se séparent, excepté une trace insensible, qui demeure unie au cuivre. En même temps celui-ci commence à s'oxider.

4°. Après le travaillement, le cuivre est raffiné autant que possible. Il s'imprègne de plus en plus de son oxide jusqu'au moment de la coulée. Cette dernière partie de l'opération n'a d'autre effet que de donner de la couleur au cuivre, et de le convertir en *rosette*.

Explication du travaillement.

Le travaillement ne peut être attribué à une véritable ébullition du cuivre, car il s'arrête de lui-même au bout d'une heure environ, sans que la température ait diminué. On sait d'ailleurs que le cuivre est sensiblement fixe aux températures les plus élevées. Ce mouvement paraît produit par le dégagement de l'acide sulfureux dû aux dernières portions de soufre que retient le cuivre. En effet, quand tout le fer est scorifié, la couche d'oxide de cuivre qui se forme à la surface du bain métallique réagit sur le soufre que retiennent encore les couches inférieures, et il se forme de l'acide sulfureux qui se dégage en soulevant la masse et lui imprime un mouvement semblable à celui de l'ébullition, lequel continue jusqu'à l'entière désulfuration du bain; et ce mouvement ne peut être produit qu'après l'entière séparation

du fer, car, en présence de ce métal, le soufre se scorifie avec lui.

Comparaison du procédé de Chessy à celui du pays de Galles.

Le procédé de raffinage suivi à Chessy diffère essentiellement de celui qui est généralement suivi partout ailleurs, notamment dans le pays de Galles en Angleterre. Ce dernier se compose ordinairement de trois parties distinctes. La première, appelée rôtissage, a pour objet l'oxidation des substances étrangères au cuivre, et d'une partie du cuivre lui-même; elle dure 12 à 24 heures et s'effectue dans un fourneau à réverbère particulier. La seconde a pour objet la scorification des oxides et l'enlèvement des scories. La troisième a pour objet la revivification du cuivre. Ces deux dernières durent ensemble 20 heures et se font dans le même fourneau à réverbère. Dans le procédé de Chessy, il se fait un véritable rôtissage à partir du moment où le cuivre noir, ayant atteint la chaleur rouge, reçoit l'action de l'air lancé par les soufflets; mais ce rôtissage n'est pas une opération particulière faite dans un fourneau à part, il s'opère sans interruption jusqu'au travaillement du cuivre, concurremment avec les décrassages. Quant à la dernière partie, pendant laquelle on prend les essais, loin d'avoir pour objet la réduction de l'oxide de cuivre, elle a au contraire pour objet la formation de cet oxide. Cette différence entre les deux procédés tient à la différence des états sous lesquels on se propose d'obtenir le cuivre. Le procédé généralement suivi donne un cuivre d'un beau rouge clair, d'un grain extrêmement fin, présentant une cassure soyeuse, facile à forger, doux sous le marteau et ne se déchirant pas sur les bords. Si, à Chessy, on voulait obtenir le cuivre sous cette

forme, il suffirait évidemment d'arrêter le vent des soufflets après le travaillement, et de projeter sur le bain une quantité convenable de charbon de bois et de perches de bois pour réduire la petite quantité d'oxide formée pendant le travaillement, en observant soigneusement de ne pas *outre-passer* le raffinage (1). Le procédé de Chessy ainsi modifié donnerait les mêmes résultats que le procédé généralement suivi, et durerait deux fois moins de temps.

Dans le procédé ordinaire, le cuivre ne *travaille* pas; ce qui tient, conformément à la théorie exposée ci-dessus, à ce que tout le soufre, et en général toutes les substances volatiles qui se trouvent dans le cuivre noir se sont dégagées pendant le rôtissage. Revenons au procédé de Chessy.

De l'emploi du schlich riche dans le raffinage.

On a vu que l'oxidation de la plus grande partie du fer est produite par l'action du vent sur le bain métallique. Il se forme à la surface une couche principalement composée d'oxide de cuivre, qui, réagissant de proche en proche sur les couches inférieures, oxide peu à peu le fer qui s'y trouve disséminé. L'oxidation du fer se propage ainsi difficilement à travers la masse, et les scories se forment lentement et successivement. Il est évident que si le cuivre était imprégné d'une certaine quantité de son oxide, l'oxidation du fer serait produite à la fois dans l'intérieur et à la surface du bain, en même temps que l'oxide de cui-

---

(1) Quand le raffinage est *outre-passé*, le cuivre devient rouge jaunâtre, très brillant, cassant; la cassure est fibreuse; on admet généralement qu'alors il est combiné avec une petite quantité de carbone.

vre se réduirait ; ce qui rendrait la scorification plus rapide, et abrégerait la durée de l'opération. Or, c'est à quoi on peut parvenir en chargeant une certaine quantité de schlich riche avec le cuivre noir ; quand tout est fondu, l'oxide pénètre le cuivre de toutes parts comme une éponge, et cède son oxigène au fer, qui alors se combine avec l'argile et le sable siliceux que renferme le schlich. Il est facile de calculer la quantité du schlich rigoureusement nécessaire à l'oxidation du fer : 3000 kilogrammes de cuivre noir contiennent 196 de fer métallique, qui exigent, pour passer à l'état de protoxide, 58 d'oxigène ou 613 de schlich riche. Mais le vent contribuant aussi à l'oxidation, il faut se tenir fort au dessous de cette quantité.

J'ai fait ajouter au cuivre noir une certaine quantité de schlich riche à chaque raffinage, pendant six semaines consécutives, en augmentant graduellement la proportion, depuis 30 jusqu'à 70 kilogrammes. J'ai obtenu les résultats suivans:

1°. La durée moyenne du raffinage a été diminuée de deux heures. Le premier décrassage était plus copieux qu'à l'ordinaire, le second plus facile et plus prompt, le travaillement plus rapide et plus tumultueux. La coulée a suivi de près le travaillement.

2°. Le poids moyen de la coulée s'est augmenté de tout le poids du cuivre contenu dans le schlich. En effet, le poids moyen de la coulée, abstraction faite des grenailles pour plus d'exactitude, a été 2486 kilogrammes, le même poids est ordinairement 2455; différence en plus, 31. Or, on a passé en vingt-trois raffinages 950 kilogrammes de schlich, contenant 727 kilogrammes

de cuivre; ce qui fait par raffinage 41,30 de schlich, contenant 31,60 de cuivre.

Avantages qui en résultent.

L'emploi du schlich riche dans le raffinage du cuivre noir offre donc à la fois un moyen d'abréger l'opération, et un traitement facile et économique pour ce minérai. Il est évident que le minérai en boules, formé presque uniquement de cuivre carbonaté, pourrait être employé comme le schlich riche; mais l'essai n'en a pas été fait.

Dans les premiers essais, les scories du premier décrassage contenaient beaucoup d'oxide de cuivre, quelques unes jusqu'à 0,25 : j'ai évité cet inconvénient en les laissant séjourner quelque temps sur le bain.

En augmentant graduellement la quantité de schlich par raffinage, j'ai reconnu que 70 kilogrammes étaient la limite supérieure qu'il ne fallait pas dépasser, parce qu'au delà le cuivre retenait une trop grande proportion de son oxide, ce qui altérait sa couleur et donnait des gâteaux trop épais. Pour donner au traitement du schlich riche et du minérai bleu en boules tout le développement dont il serait susceptible, il faudrait donc modifier la dernière partie du raffinage, et remplacer l'action du vent par l'action des perches et du charbon de bois, de manière à ramener le cuivre à ne contenir que la quantité convenable de son oxide.

Améliorations dont le procédé serait encore susceptible.

Le procédé de raffinage suivi à Chessy a été établi par Jars en 1754 (1). Depuis cette époque, il n'a guère subi d'autre changement que la sub-

(1) Ce célèbre métallurgiste, au retour de ses voyages, obtint de M. de Trudaine de se rendre à Chessy pour y faire construire un fourneau à réverbère de son invention, l'un de ceux dont on a vu la description; et c'est alors qu'il établit le procédé dont il s'agit.

stitution faite récemment de la houille au bois, et l'emploi du schlich riche pour hâter la scorification. Cependant, ce procédé, très convenable au temps de Jars, réclame encore de nombreuses et importantes améliorations; on peut lui reprocher les inconvéniens suivans :

1°. La nécessité de refaire la sole à chaque raffinage : il en résulte qu'il faut laisser refroidir le fourneau après chaque opération, ce qui entraîne une perte considérable de combustible et de main-d'œuvre;

2°. La prolongation de l'opération au delà du terme où le cuivre est raffiné autant que possible, ce qui entraîne encore une perte de combustible et de main-d'œuvre;

3°. L'enlèvement des gâteaux à force de bras, travail pénible, dangereux et dispendieux.

On éviterait tous ces inconvéniens :

1°. En faisant la sole en quarz pulvérisé. On damerait, par couches successives, le quarz en poudre sur la contresole en argile, légèrement les premières, fortement la dernière, en donnant à la surface la forme convenable; on saupoudrerait celle-ci très légèrement de scories bleues pulvérisées, et on chaufferait au rouge blanc pendant dix à douze heures, de manière à agglutiner le quarz à la surface. On obtiendrait ainsi une sole capable de durer plusieurs campagnes (1); on ne serait plus dans la nécessité de laisser le fourneau se refroidir après chaque opération; le raffinage marcherait sans interruption. Immédiatement après la coulée, on chargerait le cuivre noir avec de longues pelles en fer. Il en résulterait une économie considérable sur le combustible, le temps

(1) On emploie une pareille sole à Imphy.

et la main-d'œuvre, et on éviterait la refonte des grenailles de la couche.

2°. En coulant le cuivre en lingots. On le puiserait sur la sole avec de grandes cuillers en fer enduites d'une couche d'argile, et on le verserait dans des lingotières dont les dimensions seraient déterminées par les besoins du commerce. Outre l'enlèvement des gâteaux, on éviterait ainsi la refonte des grenailles des cuves, le découpage des gâteaux et leur empilage dans les tonneaux, le chauffage des bassins de percée, etc. La suppression seule des tonneaux serait une économie considérable chaque année, à cause des nombreux vignobles que possède la contrée. Enfin, en livrant le cuivre au commerce sous la forme de lingots, on serait dispensé de prolonger l'opération au delà du terme où le cuivre est raffiné autant que possible.

Le procédé réclamerait encore beaucoup d'autres améliorations, principalement relatives à la forme des fourneaux; mais l'avenir incertain de la mine de Chessy ne permet pas d'y songer, du moins quant à présent.

On a réuni, dans le tableau suivant, les nombres proportionnels des consommations et des produits, celui de la rosette étant 1000.

Minérai de fusion	3983 kil.
Coke.	3067
Journées de fondeurs. . . .	4,54
Journées d'aides-fondeurs.	4,54
Cuivre noir.	1195 kil.
Houille de Sainte-Foi. . . .	717
Charbon de bois.	172
Journées de raffineurs. . . .	1,20
Journées d'aides-raffineurs.	1,20
Cuivre-rosette.	1000 kil.

Paris, 15 mai 1828.

Sur la relation des terrains tertiaires et des terrains volcaniques de l'Auvergne;

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur des Mines.

But de cette note.

Les terrains volcaniques de l'Auvergne ont été étudiés avec tant de soin, qu'il est difficile d'ajouter quelque chose à la connaissance que nous en donnent la carte de M. Desmarets et les travaux de MM. Montlosier, Ramond, Poulett Scrope, etc. L'étude des terrains tertiaires qui forment le sol de la Limagne est loin d'être aussi avancée; nous ne connaissons ces terrains que par quelques descriptions locales, fort intéressantes, il est vrai, mais qui laissent encore à désirer un travail plus complet. Les relations entre les terrains tertiaires et les terrains volcaniques (1) ne me paraissent pas non plus entièrement déterminées. On admet bien généralement que ces derniers terrains sont plus modernes que les terrains tertiaires; cependant l'espèce d'alternance de basalte et de calcaire que présente la montagne de Gergovia jette des doutes sur l'âge de ces roches volcaniques, et a fait supposer à quelques géologues qu'il se déposait encore des terrains tertiaires au moment où les irruptions basaltiques ont com-

(1) Lorsque j'ai rédigé cette note je ne connaissais pas un mémoire que MM. Lyell et Murchison ont publié récemment dans les *Annales des Sciences naturelles* d'octobre, et dont le titre est *sur les dépôts tertiaires du Cantal et leurs rapports avec les roches primordiales et volcaniques.*

mencé. M. Poulett Scrope, dans le grand ouvrage qu'il a publié sur l'Auvergne, ne pouvant admettre cette alternance, repoussée par un grand nombre de faits, l'explique en supposant que les calcaires qui recouvrent le basalte sont le produit de dépôts très modernes, des espèces de *peperino* : l'examen attentif des calcaires ne permet pas d'adopter cette supposition ingénieuse ; les couches inférieures sont en effet de même nature que les couches qui recouvrent le basalte, et elles contiennent des coquilles semblables. Cette disposition particulière du basalte à Gergovia, disposition que j'ai également observée à la côte de Var, près Clermont, me paraît, ainsi que je vais essayer de le prouver, un fait analogue aux épanchemens nombreux de porphyre dans les terrains secondaires et même dans les terrains de transition : les couches de *toadstone* du Derbyshire, qui interceptent à trois reprises des filons de plomb près de Matloc, sont un des exemples les plus remarquables de ces intercalations.

Le basalte presque toujours supérieur au calcaire tertiaire.

Les collines des environs de Clermont, formées, pour la plupart, de terrains tertiaires, sont fréquemment recouvertes d'un chapeau basaltique. Cette position générale suffit pour établir la postériorité du basalte, relativement aux terrains tertiaires ; le niveau assez constant de ces espèces de nappe fait présumer en outre que cette roche est sortie à l'état liquide du sein de la terre, et s'est répandue partout où les circonstances locales le permettaient. Je ne sache pas qu'on ait encore apporté à cette hypothèse, presque certaine, de preuves matérielles, et qu'on ait indiqué le point où l'éruption s'est fait jour : la montagne de Gergovia dont je viens de parler me paraît fournir ces preuves.

Cette montagne, située à peu près à deux lieues au sud de Clermont, est allongée dans le sens *est-ouest*. Elle est formée d'une succession nombreuse de couches de calcaire d'eau douce. Le bas de cette montagne, plus marneux que sa partie supérieure, est composé d'un calcaire blanchâtre marneux, alternant avec des couches de calcaire plus dur, et avec des marnes verdâtres, fort analogues à celles qui, dans les collines de Montpensier, contiennent de petites veinules de gypse. Les fossiles sont fort rares dans ce calcaire; il renferme cependant quelques hélices et des planorbes. Je n'y ai pas vu de lymnées. Ces derniers fossiles, si abondans dans les calcaires des couses près Issoire, me paraissent fort rarés, si même ils existent dans la partie du bassin qui avoisine Clermont; les hélices au contraire ne se retrouvent que rarement dans les calcaires à lymnées. Cette alternative de couches marneuses et de couches calcaires s'élève ainsi jusqu'à plus des trois quarts de la hauteur de la colline. On trouve alors une roche improprement désignée sous le nom de *tuf* par quelques géologues, et à laquelle MM. Lecoq et Bouillet (1) ont donné le nom de *Wacke*, qui donne une idée assez exacte de sa nature. Cette roche, qui paraît régulièrement disposée dans le terrain, est assez difficile à caractériser. Elle participe à la fois de la nature des roches volcaniques et de celle des roches calcaires; elle est composée de nodules de couleur verdâtre plus ou moins foncée, reliés par un ci-

Description de la montagne de Gergovia.

Wacke et couches intercalées.

(1) Vues et coupes des principales formations géologiques du département du Puy-de-Dôme, etc., par MM. Lecoq et Bouillet.

ment argilo-calcaire. Ces nodules, imprégnés de calcaire, sont en partie solubles dans les acides; mais il reste toujours une matière verdâtre, dont la quantité variable est de plus de 50 pour 100. Cette substance est fusible au chalumeau, et présente la plus grande analogie avec les wackes des terrains trappéens et des terrains basaltiques. Cette wacke contient beaucoup de matière siliceuse, disséminée dans sa masse, quelquefois sous forme de rognons de calcédoine. On y trouve, dans quelques cas, des fragmens de calcaire d'eau douce, et des morceaux de basalte en général arrondis. Cette dernière circonstance ne s'accorde pas avec l'idée de contemporanéité qui résulte de la stratification régulière de la wacke. D'après les caractères généraux que nous venons d'indiquer, on voit que cette roche paraît participer de l'action volcanique, et qu'elle présente le même aspect que les brécioles du Vicentin, décrites par M. Brongniart, comme alternant avec les terrains volcaniques. Cette supposition si naturelle est repoussée par la position générale du basalte et même par celle des trachites, qui sont, ainsi que nous aurons occasion de le dire bientôt, plus modernes que les terrains tertiaires. L'examen de la montagne de Gergovia nous donnera également l'explication de la disposition anomale de la wacke.

La couche de wacke est recouverte par de nombreuses couches de calcaire d'eau douce contenant quelques coquilles, notamment des bulimes. Ces couches se distinguent des couches inférieures en ce qu'elles contiennent une grande quantité de silex résinite, laiteux, opalin, et de couleur verdâtre. Ces silex sont souvent tapissés de petites

géodes de quarz hyalin. La grande quantité de matière siliceuse répandue dans les couches supérieures est la principale différence qui existe entre les couches tertiaires de la montagne de Gergovia; mais cette circonstance ne s'oppose nullement à ce que toutes les couches de cette montagne n'appartiennent au même terrain : on sait, au contraire, qu'un des caractères des formations d'eau douce de cette partie de la France est de contenir une très grande quantité de silex résinite. La couche immédiatement en contact avec la roche dite wacke est en partie cristalline. En montant sur la pente nord-est de la montagne du côté de Perignat, on rencontre le basalte bientôt après avoir vu la wacke. On voit de nouveau une couche de wacke moins régulière que la première et des couches calcaires bien stratifiées. Enfin une nappe de basalte recouvre tout le plateau.

Basalte intercalé dans le terrain tertiaire.

En suivant le chemin que nous venons d'indiquer, il est impossible de ne pas croire à l'alternative de ces deux roches d'origine si différente; la régularité sur une assez grande longueur, que l'on observe entre le balsate et le calcaire d'eau douce, sur le flanc sud-est de cette montagne, coupé presque à pic, confirme, à la première inspection, cette hypothèse. Mais il existe de ce côté deux grands ravins qui mettent à nu la relation de tout ce terrain : l'un, plus au nord, descend vers Prat, l'autre vers Merdogne.

Régularité apparente.

Dans le premier ravin, on observe en montant la disposition suivante.

Succession des couches dans le premier ravin.

1°. Les couches marneuses et calcaires que nous avons indiquées comme formant le bas de la montagne de Gergovia, mises à nu dans ce ravin

...e grande hauteur, montrent la régularité ...rrain tertiaire.

... une certaine hauteur du ravin, à peu ...deux tiers, une masse de basalte, qui peut ...0 à 50 pieds de puissance, recouvre les ...es calcaires. Cette masse, régulière sur un ...espace, présente, par son épaisseur assez ...te et le parallélisme de ses faces en con... le calcaire, l'apparence d'une couche. ...te qui la compose, très compacte, à grains ...ontient peu de cristaux étrangers. Il se dé... boules sans cependant être décomposé ...l'état terreux.

...o. Le basalte est recouvert de couches cal... analogues à celles qui forment le bas de la ...lline; elles présentent, sur une centaine de ...ds environ, une succession de calcaire mar...eux et de calcaire compacte, dans laquelle j'ai re...ueilli quelques fossiles (helix). Ces couches calcai...res sont évidemment dérangées; on y observe des bouleversemens considérables (*fig.* 3 et 4, Pl. XII), des fragmens, dont quelques uns ont plus de 30 pieds de côté, sont placés tout à fait en sens contraire de la stratification de tout ce qui les entoure.

4°. Le calcaire dérangé est surmonté d'une couche de cette wacke (tuf), que nous avons signalée plus haut. Elle ne présente pas à beaucoup près la régularité que nous avons annoncée à l'est-sud-est de la montagne de Gergovia; les caractères de cette roche ne sont pas non plus exactement les mêmes; elle est beaucoup plus dure, elle contient de nombreux fragmens de basalte, quelquefois anguleux, le plus ordinairement en boules. On y trouve en outre des fragmens de roches endurcies dont il

est difficile d'assigner la nature; cependant comme plusieurs font légèrement effervescence, il est assez probable que ce sont des fragmens de calcaire siliceux qui ont été empâtés par la wacke. On voit quelquefois des passages presque insensibles de la wacke au basalte. Quelques cavités de cette roche sont tapissées de mésotype fibreuse et de mésotype cristallisée.

La masse de wacke est fort irrégulière, elle s'élargit beaucoup sur le côté droit du ravin; elle y constitue, dans cette partie, des rochers escarpés, remarquables par leurs formes aiguës, qui résultent de la nature de cette roche, composée de parties tendres et de parties dures.

5°. Au dessus de la wacke, assez régulière à sa partie supérieure, on retrouve des couches de calcaire non pas entièrement semblables à celles qui forment le bas de la montagne, mais appartenant sans aucun doute à la même formation; ces couches sont de même nature que celles que nous avons indiquées sur le revers nord-est de la montagne, c'est à dire qu'elles contiennent beaucoup de silex résinite laiteux différemment coloré. La stratification de ces couches supérieures est régulière, on n'y observe plus de dérangemens; seulement les couches plongent de quelques degrés vers l'ouest-sud-ouest, tandis que les couches inférieures au basalte paraissent parfaitement horizontales.

6°. Enfin une nappe de basalte forme la partie supérieure du ravin et recouvre tout le plateau de Gergovia.

Succession des couches dans le second ravin.

Dans le second ravin, celui qui descend vers Merdogne, la succession des couches est exactement la même que dans le ravin de Prat; mais

le contact du calcaire et du basalte présente quelques particularités qui méritent d'être indiquées. Le basalte inférieur est également recouvert par une couche de wacke régulière sur une grande longueur, surtout au nord du ravin. Bientôt on voit cette régularité cesser, la wacke devient beaucoup plus dure et présente une structure contournée dans tous les sens (*fig.* 4, Pl. XII); elle contient des fragmens nombreux de calcaire en général très endurci et quelquefois cristallin; dans quelques cas, le calcaire paraît en partie décomposé. Les fragmens siliceux ont un aspect luisant qui ne leur est pas ordinaire; la wacke est pénétrée de basalte répandu dans sa masse avec plus ou moins d'abondance, tantôt il y forme des rognons arrondis et de grosseur très variable, tantôt il se fond, pour ainsi dire, dans la wacke, qui de terreuse devient dure et compacte; sa couleur change aussi graduellement. Dans quelques cas, cette roche est porphyroïde; elle contient de nombreuses géodes tapissées de cristaux de mésotype et d'aragonite en aiguilles.

Cette wacke endurcie occupe une hauteur beaucoup plus grande que dans le premier ravin. Elle est mélangée intimement avec le basalte, qui perd ses caractères et sa régularité. Non seulement cette roche intercepte entièrement le basalte, mais elle se prolonge en outre dans les couches calcaires inférieures, et forme des rochers escarpés sur un espace assez considérable.

Basalte en couche intercalée.

Le basalte intercalé dans le terrain tertiaire paraît se terminer à l'endroit où il se fond avec la wacke. Cette circonstance s'observe très bien d'une certaine distance, à cause de la grande différence de couleur entre le basalte et le calcaire

d'eau douce. La *fig.* 1, Pl. XI, qui représente la montagne de Gergovia, prise du Puy-de-Corent (1), montre bien cette disposition. On voit clairement que la masse de basalte intercalée *aa'* ne se prolonge pas au delà du ravin qui descend vers Merdogne, et que le basalte qui recouvre tout le plateau descend au sud-est, suivant la pente de la montagne.

Le basalte n'existe pas sur la pente ouest.

Sur le côté ouest de la montagne de Gergovia, je n'ai pas observé de basalte entre les couches du terrain tertiaire, de sorte que cette roche paraîtrait former plutôt un coin qu'une couche. L'inclinaison des couches supérieures au basalte associé au calcaire sur le revers sud-est est en rapport avec cette supposition.

Calcaire devenu grenu au contact du basalte.

Le calcaire en contact avec le basalte enclavé dans le terrain tertiaire présente une circonstance remarquable, facile à observer dans le premier ravin; ce calcaire est composé de petits cristaux en rhomboïdes aigus, isolés les uns des autres et se désagrégeant facilement entre les doigts. Ces petits cristaux sont disséminés dans une pâte argileuse, et forment plutôt par leur ensemble un réseau qu'une masse grenue; on dirait que l'action qui a donné cette structure au calcaire marneux a isolé le calcaire de l'argile, et que la première de ces substances a cristallisé. Ce phénomène singulier ne se présente que sur une épaisseur de quelques pouces, des deux côtés de la masse basaltique, et on peut dire qu'il est plus complet, au contact même du basalte, qu'à l'extrémité de la couche cristalline; sur un des bords du ravin, une petite languette de cal-

(1) Le Puy-de-Corent est situé à peu près à deux lieues nord-est de la montagne de Gergovia.

caire, qui entre dans le basalte, est presque complétement à l'état cristallin. Ce changement existe également au contact de la partie inférieure de la masse de wacke, nous ne l'avons pas observé à sa partie supérieure; nous avons en outre trouvé quelques fragmens de basalte présentant des fissures très minces, lesquelles étaient complétement remplies de lames de calcaire cristallin.

Le calcaire grenu et les petits cristaux rhomboédriques, disséminés dans l'argile, ne m'ont donné, à l'analyse, que du carbonate de chaux pur: de sorte que le changement qui paraît s'être opéré au contact du basalte n'aurait influé que sur la texture du calcaire et non sur sa nature, comme il paraît que cela a eu lieu par l'action de certains porphyres. Cette manière d'agir du basalte est assez constante. En effet, la craie du comté d'Antrim, en Irlande, transformée en calcaire lamellaire par son contact avec des coulées basaltiques, n'a subi aucun changement. Il en est de même du calcaire jurassique de Villeneuve-de-Berg, dans lequel le basalte forme un filon prononcé. Ce calcaire, devenu très lamellaire dans quelques parties, n'a point changé de composition.

Côte de Var. La côte de Var, près Clermont, présente également une masse de basalte intercalée dans le calcaire tertiaire; mais ici les caractères distinctifs entre les calcaires supérieurs et inférieurs ne sont pas aussi prononcés qu'à Gergovia: de sorte qu'on ne pourrait pas avoir une opinion positive, par cet exemple seul.

La partie inférieure de cette côte est exactement de même composition que la montagne de Gergovia; on y voit une succession de couches

nombreuses de calcaires plus ou moins compactes, plus ou moins marneux, se délitant presque toujours en feuillets épais. Cette formation calcaire, dans laquelle j'ai recueilli des hélices et des coquilles turritellées, analogues aux potamides, se prolonge presque jusqu'au sommet de la côte : on trouve alors une masse basaltique assez épaisse, qui est surmontée par du calcaire, puis enfin une nappe de basalte recouvre tout le plateau. Si on examine avec quelque soin la disposition du basalte associé au calcaire, on voit, ainsi que la *fig.* 2, Pl. XI, le représente, que cette masse n'a pas une grande étendue, et qu'elle se perd dans le calcaire qui l'entoure de tous les côtés. On peut donc supposer que le basalte, en se faisant jour au travers des terrains tertiaires qu'il recouvre, s'est répandu dans une partie du terrain : si ce basalte formait en effet une véritable couche, on devrait le retrouver dans les côtes de Château-Gay, de Chanturgue, etc., contiguës à celle de Var, et qui peuvent être regardées comme ayant jadis fait continuité avec elle : ce sont, pour ainsi dire, des caps d'une même côte, séparés par des baies différentes. Ce qui prouve cette assertion, c'est que le basalte supérieur couronne les côtes que je viens d'énumérer, et qu'on voit clairement que ces différens lambeaux balsatiques appartiennent à la même nappe.

Basalte au milieu du calcaire tertiaire.

Le calcaire qui sépare les deux nappes de basalte est pénétré d'une quantité considérable de basalte, disséminé en boules ou en fragmens anguleux; ces boules deviennent tellement abondantes, à mesure qu'on approche du basalte inférieur, qu'on pourrait dire que c'est une filtration calcaire qui a empâté des boules basaltiques.

Calcaire très mélangé de basalte.

siliceuses. Celles qui existent tout à fait à la partie supérieure de l'escarpement et qui forment le sol de la promenade, présentent entre leurs feuillets des impressions végétales. On y trouve aussi de très petites coquilles spirées et quelques planorbes.

La présence de coquilles dans les couches supérieures prouve d'une manière incontestable que ces couches sont analogues à celles que nous avons indiquées au dessous de la wacke, et qu'ils appartiennent comme elles au terrain tertiaire de la Limagne.

Le contact de la masse de wacke et du calcaire inférieur ne m'a présenté aucun phénomène particulier; mais près de l'église, lieu d'où proviennent les belles calcédoines, le calcaire paraît, dans quelques parties, avoir éprouvé une modification analogue à celle que nous avons indiquée à Gergovia. C'est surtout dans une petite butte placée entre l'église et la grande route que ce phénomène s'observe très distinctement. Cette butte, composée presque entièrement de wacke, renferme une masse calcaire, anguleuse, présentant, ainsi que la *fig.* 5, Pl. XII, l'indique, une espèce de rédan qui s'avance au milieu de la wacke; d'après cette forme, il est naturel de penser que la masse calcaire est un vaste fragment empâté dans la wacke. Le calcaire qui la compose est à la fois marneux et siliceux, il passe même au silex comme le calcaire des couches supérieures de Gergovia. Dans toute sa partie en contact avec la wacke et sur plusieurs pouces d'épaisseur, le calcaire est composé de petits cristaux en rhomboèdres aigus peu adhérens, qui se désagrègent entre les doigts. Ce changement a lieu non seulement au contact du calcaire, mais dans toutes les fis-

Calcaire grenu au contact de la wacke.

sures qui le traversent; les petites fentes de silex sont elles-mêmes tapissées de ces cristaux de chaux carbonatée.

Cette circonstance remarquable, analogue à celle que nous avons indiquée à Gergovia au contact du calcaire et du basalte, du calcaire et de la wacke, nous paraît le résultat du même phénomène à Pont-du-Château comme à Gergovia. La wacke serait postérieure au terrain, et y aurait été introduite par des fentes parallèles aux couches. Cette hypothèse presque certaine pour le basalte de Gergovia, puisqu'on y observe un dérangement très prononcé dans les couches calcaires, est à la vérité plus difficile à concevoir pour les wackes de Pont-du-Château; elle nous paraît cependant la seule qui explique d'une manière simple l'espèce d'alternance que présente les terrains tertiaires et les roches volcaniques en Auvergne. Ce phénomène ne serait, ainsi que nous l'avons déjà dit, que la répétition de ce que les terrains trappéens de l'Ecosse présentent sur une échelle beaucoup plus grande.

La wacke paraît le produit d'un épanchement.

Les détails que nous venons de donner sur la position des wackes et des basaltes ont prouvé que ces roches volcaniques sont postérieures au dépôt des terrains tertiaires. Nous allons indiquer qu'il en est de même des trachites. L'exemple que nous choisirons ne sera pas tiré de l'Auvergne proprement dite, mais du groupe du Cantal, qui présente la plus grande analogie avec celui du Mont-d'Or, et qui est évidemment le résultat d'un phénomène du même ordre.

Terrains tertiaires du Cantal.

Le terrain tertiaire du Cantal est entièrement séparé de celui de la Limagne d'Auvergne par des chaînes granitiques; il est recouvert presque

partout par le trachite, et l'on n'aperçoit le calcaire d'eau douce que dans quelques vallées profondes, où il est mis à nu; il forme rarement des escarpemens qui permettent d'étudier ce terrain sur une grande épaisseur. Les environs d'Aurillac sont peut-être le seul endroit où l'on puisse voir ce terrain avec quelques détails, grace aux nombreuses carrières exploitées à une petite distance de cette ville, et qui fournissent presque toute la chaux employée dans ce pays. Les principales carrières existent à Belbet, village situé à peu près à une lieue au sud-ouest d'Aurillac. On ne voit dans ces carrières que les couches calcaires proprement dites; mais en suivant le petit ruisseau qui descend vers Ytrac, on observe les couches inférieures.

Succession générale des couches.

1°. Les couches les plus inférieures sont des argiles calcarifères grossières, plus ou moins fortement colorées en rouge et en vert, comme il est assez habituel de le voir pour l'argile plastique. Ces argiles sont fréquemment employées pour la fabrication des briques; elles ont l'inconvénient d'être sablonneuses et calcaires, et par conséquent facilement fusibles. Je n'ai pas observé de fossiles dans cette argile, de sorte qu'on ne peut pas assurer qu'elle ne constitue une sous-division des terrains tertiaires; cependant tout porte à croire que ces terrains ne forment, à proprement parler, qu'un étage.

Dans quelques parties du bassin d'Aurillac, on voit cette argile reposer sur le schiste micacé. Elle est alors très mélangée de galets de terrains anciens de dimensions variables.

2°. Des marnes vertes passant quelquefois à des marnes noires recouvrent les précédentes. La présence de ces marnes n'est pas à beaucoup près aussi constante que celle de l'argile bigarrée

qui forme la base de tout ce terrain; dans quelques localités, elles n'existent pas ou sont réduites à une très petite épaisseur. Ces marnes sont fréquemment schisteuses.

3°. La partie supérieure des marnes précédentes passe à un calcaire argileux maculé de rouge et de vert comme l'argile inférieure. Ce calcaire est peu propre à la fabrication de la chaux; cependant des essais ont prouvé qu'il fournirait de la chaux hydraulique d'assez bonne qualité. Les fossiles sont peu nombreux dans ce calcaire, j'y ai recueilli quelques bulimes et des empreintes végétales.

4°. Des marnes schisteuses de couleur claire, quelquefois entièrement blanches et semblables, dans ce cas, aux marnes si abondantes dans les environs de Clermont, succèdent au calcaire imparfait dont je viens de parler: ces marnes contiennent quelquefois des lits assez minces de silex, mais ce n'est pas dans cette partie de la formation que cette substance est abondante; nous la verrons former des couches puissantes au dessus du calcaire exploité. Cette assise de marnes présente une succession de couches nombreuses, sur laquelle repose le calcaire exploité. L'ensemble de toutes ces couches inférieures peut être de 25 à 30 toises.

Calcaire exploité; il forme des couches puissantes.

5°. Les couches inférieures des carrières sont composées d'un calcaire terreux, tendre, tachant les doigts; il contient des *bulimes*, des *planorbes* et une grande quantité de *lymnées* de dimensions très différentes : les unes de 6 ou 8 lignes de long, les autres microscopiques. Ce calcaire est quelquefois gris.

6°. De l'argile verdâtre, formant un lit peu

24.

épais, sépare ces premières couches calcaires des suivantes.

7°. Des couches d'un calcaire plus compacte succèdent à l'argile; il est souvent assez dur et un peu cristallin; il présente beaucoup de cavités tapissées de cristaux de calcaire spathique; on trouve encore dans cette variété de calcaire beaucoup de lymnées et de planorbes. Il empâte des rognons d'une argile verdâtre très onctueuse au toucher et fort analogue à l'argile smectique. Les couches dont l'ensemble peut avoir 4 à 5 pieds de puissance sont celles que l'on exploite principalement pour la fabrication de la chaux.

8°. Au dessus, on trouve dans quelques carrières un calcaire compacte terreux qui a l'apparence oolitique: tantôt les grains se confondent avec la pâte, et on les en distingue seulement par une différence dans la teinte; tantôt ils sont séparés les uns des autres à la manière des oolites, mais ils sont généralement plus terreux. Ces grains arrondis ne sont pas, au reste, également répandus dans la roche; ils sont plus particulièrement groupés dans les cavités, et tiennent la place de petits cristaux spathiques. Cette disposition est assez commune dans le calcaire d'eau douce du sud de la France; dans quelques localités, comme aux environs d'Aix et de Castres, elle est très prononcée.

9°. On trouve ensuite un calcaire dur, compacte, à cassure conchoïde; ce calcaire, qui contient des silex, est traversé de petites cavités à la manière du calcaire de Château-Landon. Il y existe encore quelques fossiles, mais ils sont moins abondans que dans les couches inférieures.

10°. Une couche de marne verdâtre de quelques

pouces de puissance, recouvre le calcaire précédent, et forme presque toujours la partie supérieure des carrières.

11°. Une succession de couches de calcaire compacte associé avec beaucoup de silex repose immédiatement sur les marnes vertes; on ne voit pas cette superposition dans les carrières mêmes; mais le sentier qui conduit des carrières à Aurillac est constamment sur ces couches supérieures. Peu avant d'arriver à Aurillac, on voit une coupe qui montre le calcaire siliceux avec des lits de silex noirs et de silex blonds.

Couches nombreuses de silex.

Il existe quelquefois des marnes vertes supérieures aux couches de calcaire à silex; néanmoins ces dernières paraissent former généralement les parties supérieures du terrain tertiaire du Cantal: ce sont presque toujours celles qui sont en contact avec les roches volcaniques.

Marnes vertes supérieures.

Les terrains tertiaires dont nous venons de faire connaître la composition générale sont recouverts presque constamment par le terrain volcanique. Près d'Aurillac, ce sont des basaltes qui reposent sur le calcaire d'eau douce; mais à une petite distance de cette ville, on voit le trachite dans cette position. Cette superposition constante des trachites sur les terrains tertiaires est accompagnée de dérangemens considérables dans leur stratification. La grande route d'Aurillac à Murat, ouverte le long de la vallée de Vic, met à découvert un grand nombre d'exemples de ces dérangemens, surtout depuis la Roque jusqu'à Polminhac. Ils sont quelquefois tels que, dans l'espace de quelques toises, on voit les couches se séparer et plonger en sens contraire (*fig.* 6, Pl. XII). Dans quelques cas, le parallélisme des couches n'a pas éprouvé de changement, mais des failles

Position générale du terrain tertiaire et des trachites.

Stratification entièrement bouleversée.

traversent le terrain dans tous les sens, et les couches ne se correspondent plus. Les lits des silex permettent d'observer facilement cette disposition, même d'une assez grande distance. Outre le désordre dans la stratification du terrain tertiaire, qui nous apprend seulement que ce terrain a été soumis à de grandes perturbations depuis son dépôt, on en voit fréquemment des fragmens de grande dimension (de 50 à 60 pieds de diamètre) empâtés de tous côtés par le trachite (1). Ces fragmens sont nombreux près du bourg de Giou; la tranchée ouverte pour la grande route fournit un moyen d'étudier cette circonstance remarquable.

Masse de calcaires empâtés dans le trachite.

La présence de ces masses de calcaire d'eau douce au milieu du trachite, jointe à la superposition constante de cette dernière roche sur les terrains tertiaires et au dérangement fréquent de leur stratification, nous conduit à conclure :

Conclusion.

1°. Que le trachite qui forme les groupes du Mont-d'Or et du Cantal s'est élevé du sein de la terre à une époque plus moderne que la formation des terrains tertiaires ;

2°. Que cette roche, sans posséder une liquidité égale à celle du basalte, était dans un état assez pâteux pour pouvoir s'introduire dans les fentes du terrain tertiaire et envelopper les vastes fragmens que son action avait produits.

(1) MM. Lyell et Murchison, dans le mémoire cité au commencement de cette Note, ont donné des détails sur les masses de calcaire que l'on observe au milieu des trachites. J'ai donc cru devoir me borner à rappeler ce fait important; mais, pour le mieux faire connaître, j'ai emprunté à ce mémoire intéressant les coupes qui montrent cette disposition.

Lettre adressée à M. Cordier, Membre de l'Académie royale des Sciences, sur de nouvelles cavernes à ossemens;

Par M. MARCEL DE SERRES.

Monsieur, vous savez que j'ai cru reconnaître que la présence des ossemens dans les cavernes était soumise à de certaines conditions, qui, lorsqu'elles n'existaient pas, étaient un indice presque certain de l'absence des restes des animaux qui, dans le cas contraire, y sont si nombreux qu'ils y semblent comme entassés. Vous savez aussi que j'ai particulièrement insisté sur le nombre des ossemens ensevelis dans les cavernes de Bize, nombre qui y est tellement considérable, qu'il m'a paru que les débris des mammifères terrestres ne devaient pas y être bornés aux trois cavernes qui y ont été reconnues. Je l'ai d'autant plus présumé que les fissures verticales et les fentes longitudinales ou les cavernes sont extrêmement fréquentes dans les montagnes secondaires qui bordent la vallée parcourue par la Cesse. Il m'a donc paru que, comme en remontant la Cesse au dessus de Bize, le nombre de ces cavités devenait de plus en plus considérable, certaines devaient réunir les conditions propres à offrir des ossemens, et que l'on pouvait, avec toute espèce de fondement, espérer d'y en rencontrer.

M. Pitore, jeune médecin plein de zèle pour les sciences naturelles, a bien voulu suivre ces indications, et ses recherches ont été couronnées du plus heureux succès. En effet, sur trente ca-

vités environ qu'il a découvertes dans les calcaires secondaires qui bordent les deux rives de la Cesse, cinq de celles qu'il a explorées ont présenté un certain nombre d'ossemens : ces ossemens se rapportent à ces espèces jadis considérées comme *fossiles* et comme *antédiluviennes*, dénominations qui ne sauraient plus leur convenir, puisqu'ici comme ailleurs, ils se montrent confondus dans les mêmes limons où l'on découvre des fragmens de poteries. Les espèces dominantes dans ces nouvelles cavernes sont les *ursus spelœus* et *arctoideus*. Comme certains naturalistes désirent, pour se décider sur la détermination des espèces, de rencontrer des pièces osseuses entières, nous avons la satisfaction de leur apprendre que M. Pitore, à force de soins et de patience, est parvenu à y découvrir un fémur entier d'*ursus spelœus*. Ce fémur, dont la conservation est parfaite, a une longueur totale de $0^m,468$; sa largeur, mesurée au milieu de son corps, est de $0^m,048$, tandis que dans le bas elle est de $0^m,106$, dimensions qui s'accordent parfaitement avec celles données au fémur de cette espèce par M. Cuvier. Cette pièce osseuse nous permettra de donner une description plus complète du fémur de l'*ursus spelœus*, que n'avait pu le faire ce grand naturaliste, celui qu'il a fait figurer étant privé de sa tête.

Outre ce fémur, nous possédons une foule de pièces osseuses qui appartiennent aux deux espèces d'ours que nous venons de signaler, et parmi celles-ci il en est des plus caractéristiques: tels sont, par exemple, des maxillaires munis de leurs dents. La plupart de ces ossemens, brisés, fracturés offrent leurs angles émoussés et leurs

contours arrondis (1), quoiqu'en général ils ne paraissent pas avoir été amenés de loin, ni avoir subi un transport violent et long-temps prolongé. Comme ceux des autres cavernes, ces ossemens conservent encore leur propre nature; ils ne sont point pétrifiés, quoique leur solidité soit plus considérable que celle des os ensevelis dans les cavernes de Bize et de Lunel-Vieil.

On les voit ensevelis dans des limons rougeâtres plus ou moins chargés de cailloux roulés, ou de roches fragmentaires ayant généralement un petit volume. Les limons rougeâtres au milieu desquels ils sont disséminés prennent parfois une teinte noirâtre ou grisâtre, nuance due à la décomposition d'une plus grande quantité de substance animale : aussi les limons sont-ils noirâtres ou grisâtres dans les lieux où les ossemens se montrent comme accumulés. Cette circonstance n'empêche pas que la plupart des ossemens ensevelis dans les cavernes n'y aient été introduits déjà séparés des squelettes auxquels ils avaient appartenu. Du moins, ces ossemens, comme ceux de Bize et de Lunel-Vieil, se montrent-ils couverts de fissures et plus ou moins profondément fendillés. Un glacis stalagmitique recouvre parfois le limon à ossemens; quoiqu'on ne l'observe point dans toutes les cavernes, il est possible que cela tienne à ce que certaines de

(1) Le fémur dont nous avons parlé est, avec un atlas, les seuls os entiers que nous y ayons découverts; l'atlas était du reste brisé en deux, mais comme les deux parties étaient peu éloignées l'une de l'autre, nous avons pu les raccorder. Leurs cassures étaient anciennes, et, comme vous le savez, nous avons donné les moyens de les discerner des cassures récentes.

de nos cavités ont été fouillées à différentes reprises, plusieurs ayant servi de bergerie.

Nos nouvelles cavernes à ossemens, toutes situées dans le département de l'Hérault, des deux côtés de la rive de la Cesse, en remontant cette rivière vers le hameau de Fauzan, lequel se trouve à un quart de lieue au nord de Cesseras, ont cela de particulier, d'être, pour ainsi dire, réunies dans la même vallée. Elles sont en effet extrêmement rapprochées les unes des autres, soit celles situées sur la rive droite de la Cesse, soit celles de la rive gauche. Les unes et les autres sont moins éloignées des hautes montagnes que celle de Bize, il paraît également qu'il existait jadis dans leur voisinage d'assez grandes forêts.

Ces circonstances ne sont pas inutiles à rappeler, puisqu'il se pourrait bien que les espèces ensevelies dans les cavernes fussent déjà, à l'époque où elles y ont été entraînées, distribuées de la même manière qu'elles le sont actuellement; du moins, ces espèces semblent assez en rapport avec le genre de stations auquel elles paraissent restreintes depuis l'existence de l'homme. En effet, les débris des grandes espèces d'ours sont plus nombreux et plus essentiellement dominans, relativement aux autres mammifères terrestres, dans les cavernes des contrées septentrionales ou montagneuses, que dans celles rapprochées des plaines, ou qui, dans nos contrées méridionales, se trouvent dans les expositions les plus sèches et les plus brûlantes.

Les nouvelles cavernes à ossemens que M. Pitore vient de découvrir sont donc comme réunies au pied de la chaîne calcaire qui précède en quelque sorte les montagnes primitives des environs

de Saint-Pons. Ces cavernes, situées dans une vallée sauvage, comme au centre des bois qui jadis ont constitué probablement de grandes forêts, sont principalement caractérisées par des ours de la plus grande et de la plus forte stature. Ces ours se rapportent aux *ursus spelœus* et *arctoideus*, qui se trouvent en grande quantité dans les cavernes de l'Allemagne et du nord de la France. Des cerfs, genre d'animaux qui fréquentent également les mêmes stations et qui indiquent la même disposition du sol, sont mêlés et confondus avec leurs débris : les uns et les autres sont associés à des rongeurs du genre *lapin*, à de différentes espèces d'oiseaux, et enfin à des reptiles du genre *tortue*. Mais, avec toutes ces espèces diverses, on ne découvre plus cette immense quantité de chevaux dont les débris composent la plus grande partie de la population entraînée dans les cavernes de Bize; et cependant les cavernes de Fauzan ne sont qu'à quelques lieues de celles-ci.

Cette circonstance tiendrait-elle à ce que déjà les chevaux occupaient en maîtres les vastes marais et la plaine des environs de Narbonne; tandis que les ours, relégués dans les montagnes, comme ils le seraient probablement aujourd'hui, s'ils y existaient encore, fréquentaient les forêts et les bois situés vers le nord, et à une plus grande distance de la Méditerranée? Quoi qu'il en soit, la population ensevelie dans les cavernes de Fauzan n'est pas la même que celle dont les cavernes de Bize recèlent tant de traces. Le nombre des animaux qui ont été entraînés dans les premières est aussi moins considérable que dans les dernières, surtout relativement au

nombre de leurs individus; le limon à ossemens des cavernes de Bize n'est, en effet, le plus souvent qu'une sorte de pâte osseuse. Il en existe cependant bien assez dans les cavités souterraines de Fauzan, pour y reconnaître que les mammifères terrestres y ont été transportés dans les âges les plus différens, les uns présentant leurs dents presque complétement usées, les autres offrant de nombreuses épiphyses, ou leurs dents point encore sorties de leurs alvéoles.

Parmi les cinq cavernes où M. Pitore a reconnu des ossemens, trois sont situées sur la rive droite de la Cesse et deux sur la rive gauche : les premières sont les seules qui, par leur aspect imposant, leur grandeur et leur importance, aient reçu des noms particuliers et aient attiré l'attention des naturalistes. La première que nous signalerons, connue dans le pays sous le nom de *la Baume d'Aldenne*, et désignée par Gensanne sous celui de *Baume de la Coquille*, avait frappé ce naturaliste, à raison des poteries qu'il avait observées dans le limon qui en recouvre le sol; mais comme à l'époque où Gensanne visita ces souterrains on ne s'occupait pas encore des ossemens qui s'y trouvent, il n'en fit aucune mention, quoiqu'il dût en découvrir, puisqu'il fouilla assez le limon pour y remarquer des poteries.

La seconde de ces cavités a été nommée *Baume Rouge*, à raison des fragmens de marnes argileuses rougeâtres qui s'y trouvent disséminés dans le limon, et qui, par la vivacité de leurs nuances, n'ont pas peu contribué à donner au limon de cette caverne leur couleur intense. Celle-ci est assez considérable: il en est de même de *la Baume de Marcouire*, qui a long-temps servi

de bergerie, et où les troupeaux du domaine de ce nom se réfugient encore dans les orages et la mauvaise saison.

Quant aux deux cavités situées sur la rive gauche de la Cesse, où des ossemens ont été également découverts, elles n'ont point reçu de noms particuliers; aussi lorsque nous les décrirons avec les détails qu'elles exigent, serons-nous obligés de leur en donner, ainsi qu'à celles que nous n'avons point encore visitées, afin de rendre nos observations plus claires et plus faciles à saisir.

En résumé, les cavernes de la vallée de Fauzan, dont le nombre est réellement remarquable, sont, du moins certaines, remplies en partie d'ossemens de mammifères terrestres, de reptiles et d'oiseaux, lesquels ossemens sont accompagnés de poteries assez différentes. Certaines, en effet, paraissent avoir été faites avec des marnes argileuses, qui, préalablement à leur confection, n'ont pas été lavées, et qui n'ont pas été cuites, mais bien séchées au soleil ou au feu; d'autres, au contraire, dont l'épaisseur est moindre, semblent avoir été fabriquées avec plus de soin. Ainsi à Fauzan, comme à Bize, Pondres et Souvignargues, des espèces, considérées jusqu'à présent comme antédiluviennes, sont ensevelies dans les mêmes limons où existent des objets de fabrication humaine, objets qui nous font espérer d'y rencontrer des ossemens de notre espèce.

Nos nouvelles observations confirment donc pleinement ce que nous avons avancé relativement à la nouveauté du phénomène du remplissage des cavernes à ossemens, phénomène qui semble avoir été postérieur non seulement à

l'existence de l'homme, mais encore à l'invention des arts; car, outre les poteries, vous savez que l'on découvre dans nos souterrains des ossemens d'espèces supposées perdues, travaillés antérieurement à leur ensevelissement par la main des hommes.

Les cavernes de Fauzan ne sont pas les seules que nous ayons découvertes depuis l'époque où j'ai eu l'avantage de vous faire visiter mes collections. J'avais également présumé que les cavernes du Vigan, dont vous avez entretenu l'Académie, n'étaient certainement pas les seules de la vallée de l'Hérault où il existât des ossemens. En effet, à force de recherches, j'y en ai découvert d'autres beaucoup plus rapprochées de Montpellier que celles du Vigan; j'aurai l'honneur de vous en entretenir plus tard. Si je les mentionne ici, c'est uniquement pour vous prouver que les cavernes à ossemens dépendent d'un phénomène géologique, qui, comme tous les phénomènes de ce genre, a une grande généralité et une grande étendue. Puissent ces nouvelles recherches être dignes de votre attention, ainsi que de celle de l'Académie des Sciences, à laquelle je vous prie de les communiquer, si vous les jugez propres à lui inspirer quelque intérêt!

SUR

LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DE L'ESPAGNE.

Extrait d'un Mémoire de M. HAUSSMANN (*Gottingische gelehrte anzeigen.* —Décembre 1829.)

La Societé royale des sciences de Gottingue, dans sa séance du 7 novembre dernier, a entendu la lecture d'un mémoire de M. le conseiller Haussman, sur la constitution géologique de l'Espagne. Dans cet ouvrage, l'auteur a rassemblé les résultats de ses observations durant un voyage fait dans les mois de mars, avril et mai 1829. Bien que le peu de temps qu'il a eu à sa disposition ne lui ait permis que sur un petit nombre de points des études suffisantes, il a pensé cependant que la constitution géologique de l'Espagne étant fort peu connue, on accueillerait avec indulgence tout effort tenté pour y jeter quelque lumière.

Après avoir rappelé, dans son préambule, les travaux faits jusqu'ici sur cet objet, l'auteur consacre la première partie de son travail à un coup-d'œil général sur la constitution topographique du pays. La chaîne des Pyrénées proprement dites se dirige de l'est-sud-est à l'ouest-nord ouest; mais son prolongement occidental vers la Galice

se rapproche davantage de la direction est-ouest. Au reste, elle ne forme point une ligne droite, mais deux lignes parallèles, dont la plus orientale est rejetée un peu vers le nord sans qu'il y ait néamoins de disjonction entre les deux; la partie occidentale des Pyrénées, la chaîne du pays Basque, puis celle des Asturies sont successivement échelonnées de cette manière les unes par rapport aux autres. La chaîne du pays Basque se montre fort distincte des vraies Pyrénées, non seulement par sa moindre élévation, mais encore par ses autres caractères. Une erreur grossière qui s'est propagée jusque dans nombre de géographies modernes, tend à faire considérer les principales chaînes de l'Espagne comme des rameaux des Pyrénées; on a même été jusqu'à supposer et dessiner une grande chaîne ibérienne, qui, partant des montagnes des Asturies, à l'ouest des sources de l'Ebre, se dirige au sud-ouest jusque vers les frontières de l'Aragon et de la Vieille-Castille, et de là prend la direction du sud en se continuant sans interruption jusqu'au cap de Gates. Il en résulte que les chaînes principales de l'Espagne ne sont plus que des rameaux de cette chaîne, par rapport à laquelle les vallées arrosées par les grands cours d'eau ne sont que des vallées latérales; mais cette prétendue chaîne ibérienne n'existe réellement pas. L'erreur tient à ce que la ligne de séparation des eaux entre l'Atlantique et la Méditerranée suit en effet cette direction, et c'est là sans doute un caractère fort important pour la description de la superficie générale de la Péninsule, surtout quand on remarque qu'à l'exception de l'Ebre, tous les

grands cours d'eau vont se verser dans l'Atlantique, et qu'on observe l'immense différence d'étendue qui existe entre le versant oriental et le versant occidental. Mais cette ligne de séparation ne présente aucun des caractères d'une chaîne continue, bien que sur sa direction on rencontre quelques masses isolées de montagnes, et principalement sur les frontières de l'Aragon et des Deux-Castilles, les *Sierras de Molina, de Albaracin, de Cuença.*

La constitution intérieure du sol de l'Espagne, comme on le verra par la suite, combat, tout aussi bien que les caractères extérieurs, la supposition qui ferait des chaînes principales de l'Espagne les membres d'un seul grand système.

Les chaînes principales qui divisent l'intérieur de l'Espagne se dirigent en général de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est. Celle qui est située le plus au nord commence sur la frontière occidentale de l'Aragon, et sous le nom de *Sommo-Sierra* et de montagnes de *Guadaramma*, forme les limites entre la Vieille et la Nouvelle-Castille; elle se continue en prenant les noms de *Sierra del Pico, Montana de Gricgos*, *Sierra de Gata,* et va enfin se joindre en Portugal avec la *Serra de Estrella.* Cette chaîne, remarquable par sa forme et son élévation, présente, dans sa longueur, beaucoup moins de connexité que les Pyrénées. Sa partie orientale, dont la crête dentelée domine jusqu'au plateau de Madrid, s'élève à 2,500 mètres au dessus du niveau de la mer; mais comme les plaines environnantes sont elles-mêmes éle-

vées de 650 à 800 mètres, cette hauteur paraît beaucoup moindre.

Une autre chaîne se prolonge de même jusqu'au Portugal, entre les eaux du Tage et celles de la Guadiana; elle porte successivement les noms de *Montes de Consuegra, Sierra de Jévenes, Montana de Toledo, Sierra de Guadelupe.*

La longue chaîne de la *Sierra-Morena* se présente avec plus d'uniformité, mais avec une hauteur peu remarquable; elle commence sur la frontière orientale de la Manche et se continue entre la Guadiana et le Guadalquivir; son pied est beaucoup plus élevé du côté du nord que du côté du sud: aussi, lorsqu'on quitte Madrid par la route d'Andalousie, on arrive insensiblement jusqu'au col, qui est situé à 732 mètres au dessus du niveau de la mer; mais sur l'autre pente la descente est beaucoup plus rapide. Les montagnes situées le plus au sud dans la Péninsule sont fort remarquables par leur forme et par leur hauteur, elles constituent les côtes de l'Espagne méridionale ou, pour mieux dire en déterminent la direction. Elles présentent dans leurs constitutions interne et externe beaucoup plus de connexion que les autres chaînes de l'Espagne; un grand nombre de chaînes secondaires, mais d'une élévation notable, courent parallèlement à la chaîne principale et déterminent des vallées longitudinales. Du reste, la crête de ces montagnes ne se suit point sans interruption; la partie orientale, dont les points les plus élevés portent le nom de *Sierra Nevada*, est complétement séparée de la *Sierra de Ronda*, qui forme la partie occidentale. La première partie se distingue par

son étendue et surtout par sa hauteur. Ses sommets principaux dépassent les points les plus élevés des Pyrénées; car d'après la mesure donnée par don Simon Royas Clemente, la cime la plus élevée, *Cumbre de Mulhacen* atteint 4,254 varas, ou 3,609 mètres au dessus de la mer. Aussi, malgré leur situation méridionale, ces montagnes vont jusqu'au delà de la limite des neiges perpétuelles, qui en cet endroit se trouve à peu près à 3,305 varas ou 2,795 mètres. Au nord, le pied de la *Sierra Nevada* est bordé par les plateaux de Guadix et de Grenade; ce dernier est à 650 mètres au dessus du niveau de la mer. Sur l'autre pente, les montagnes qui longent la chaîne descendent rapidement jusque dans la mer. La plus orientale de ces petites chaînes est la *Sierra de Aljamilla;* la *Sierra de Gador,* riche en minérai, lui succède; la *Contraviesa*, la *Sierra de Pujar* et la *Sierra de las Almijuras* viennent ensuite. Ces montagnes, ainsi jetées en avant, ne se suivent pas d'une manière continue, mais elles sont séparées les unes des autres par des vallées transversales. A la suite de cette ligne de côtes, on rencontre, au sud-ouest de Malaga, la *Sierra de Mijas* et la *Sierra de Bermeja,* qui se dirigent vers la *Sierra de Ronda,* dont les derniers rameaux viennent former les pointes de l'Espagne les plus avancées vers le sud.

Lorsque l'on jette un coup-d'œil sur les diverses chaînes qui traversent l'Espagne, en y comprenant leurs prolongemens dans le Portugal, on reconnaît aisément que leur longueur est d'autant moindre qu'elles sont plus avancées vers le sud. On voit aussi qu'en même temps leur extré-

mité dévie un peu au sud, ce qui oblige les fleuves à changer leur direction à mesure qu'ils se rapprochent de la mer. Le Tage n'offre ce contournement que dessiné assez faiblement, mais la Guadiana et le Guadalquivir le présentent d'une manière très remarquable. Ces cours d'eau ne coupent point les chaînes pour se jeter plus promptement dans la mer, comme le font quelques rivières plus importantes, qui dépendent de la Sierra Nevada, mais ils les longent fidèlement jusqu'à la rencontre de la mer. La considération de ces divers systèmes de montagnes rend fort bien compte de la figure générale de la Péninsule, mais principalement du littoral qui la termine au sud, entre Gibraltar et le cap de Gates.

Outre ces chaînes principales, on en trouve plusieurs autres également indépendantes, mais d'une hauteur et d'une étendue beaucoup moindres. Quelques unes d'entre elles ont une influence marquée sur la formation du versant oriental de l'Espagne, sur la figure de sa côte et sur la direction des cours d'eau, qui, sur cette côte, se jettent dans la Méditerranée. La plus importante est celle qui est placée au sud de l'Ebre, sur les frontières de l'Aragon, des Deux-Castilles et du royaume de Valence; elle se divise en un grand nombre de rameaux qui s'étendent dans diverses directions. Les montagnes de Jaen, qui sont entre la vallée du Guadalquivir et les plateaux de Grenade, méritent également d'être remarquées particulièrement.

L'Espagne se distingue non seulement par le nombre de chaînes de montagnes importantes

qu'elle renferme, mais encore et surtout par les plateaux qui s'étendent entre ces chaînes, plateaux qui présentent un contraste frappant avec les escarpemens de rochers dont ils sont bordés, et qui apportent une grande uniformité dans le climat d'une partie du pays, en produisant l'effet d'une latitude plus élevée.

Toute la partie moyenne de l'Espagne comprise, d'une part, entre l'Èbre et la Sierra de Morena, et de l'autre entre le Portugal et la ligne de partage des eaux entre les deux mers, peut être considérée comme une grande table (expression caractéristique employée par M. de Humboldt), sillonnée diversement par les montagnes, mais présentant une série de plaines qui s'élèvent toutes à un même niveau de 650 à 800 mètres au dessus de la mer. Il faut cependant remarquer que le plateau de la Vieille-Castille est sensiblement plus élevé que celui de la Nouvelle. Dans le midi de l'Espagne, on rencontre encore quelques plateaux; mais ils n'ont ni la connexion ni l'étendue de ceux qui constituent la partie centrale.

La seconde section du Mémoire de M. Haussmann renferme le détail de ses observations sur la constitution géologique de l'intérieur de l'Espagne, nous ne pouvons également en donner ici qu'un léger aperçu.

Les diverses chaînes sont distinctes par leurs connexions internes, aussi bien que par leur conformation extérieure : elles constituent chacune un système individuel et indépendant. Toutes, à la vérité, présentent ce même caractère, d'avoir un noyau formé de terrains primitifs ou inter-

médiaires, mais la nature et les liaisons de ces terrains se montrent fort diversement établies. Dans les Pyrénées proprement dites, on reconnaît une formation granitique, qui occupe rarement les sommets élevés, qui renferme, comme membres subordonnés, du gneiss et d'autres roches primitives, et qui est entourée par des masses beaucoup plus considérables de roches schisteuses cristallines et des roches dites de transition, parmi lesquelles le schiste argileux et le calcaire prédominent. Dans la partie située à l'ouest du pays Basque, les roches anciennes ne prennent pas un grand développement, et seulement d'après les observations de M. de Humboldt, ce n'est qu'en Galice, vers l'extrémité de la chaîne, qu'on voit le granit, accompagné de roches schisteuses cristallines, reparaître sur une étendue considérable. La majeure partie des montagnes qui séparent la Vieille et la Nouvelle-Castille est formée de gneiss et de granit. Dans la chaîne qui s'étend entre le Tage et la Guadiana, il paraît, d'après les observations de M. Link, que le granit domine. Dans la longue ligne de la Sierra-Morena, on rencontre principalement des schistes de transition; mais à son pied méridional le granit se présente et se continue jusqu'au Guadalquivir. Dans la haute chaîne du midi, le granit, si abondant dans le reste de la Péninsule, paraît manquer entièrement : le rameau central est formé par un micaschiste renfermant des grenats; cette roche, dans les rameaux latéraux, passe à un micaschiste moins cristallin et à des schistes talqueux, chlorités, argileux, qui renferment de puissantes forma-

tions de calcaire compacte et cristallin, de dolomie et de serpentine. Sur les côtes du sud, les terrains schisteux anciens sont recouverts par des schistes et des grauwackers de transition plus modernes, renfermant des couches subordonnées de kieselschiefer : ils forment la base du rocher de Gibraltar.

La structure des chaînes se trouve en général en rapport avec leur direction principale : l'alternance des roches et la stratification des couches y sont également en tout conformes ; aussi, dans la plus grande partie de l'Espagne, la direction des couches est le sud-ouest ou l'ouest-sud-ouest, ce n'est que dans les Pyrénées que l'on observe la direction ouest-nord-ouest. Le sens de l'inclinaison est au contraire variable. Dans les Pyrénées, la pente des couches correspond à celle des versans ; dans la Sommo-Sierra et les montagnes de Guadarama, la masse principale du gneiss plonge au sud-est vers la formation granitique. Les couches schisteuses de la Sierra-Morena sont en général inclinées vers le nord-ouest, de sorte qu'elles paraissent reposer sur le granit qui se montre au dessous d'elles. Dans la Sierra-Nevada, l'inclinaison des couches répond de chaque côté au versant de la chaîne. Il est surtout fort remarquable de voir comment les retournemens de la côte méridionale, et principalement ces grandes pointes qui s'avancent vers le sud, sont en relation intime avec la direction des couches. Au pied du rocher de Gibraltar, les couches, dirigées à peu près du nord au sud, plongent rapidement vers l'est, de sorte que la rupture qui a donné naissance au détroit se

trouve dirigée perpendiculairement à leur direction. Cette disposition était celle qui permettait la plus grande résistance possible à la digue qui séparait les deux mers.

Les formations primitives et intermédiaires présentent des richesses minérales en beaucoup de points de l'Espagne; mais les travaux actuellement existans sont concentrés dans les provinces situées au sud-est et au sud-ouest. Les puissans filons de plomb de Linares se trouvent dans le granit. Le prodigieux dépôt de galène de la Sierra de Gador, qui, dans le courant de l'année dernière, a versé dans le commerce 600,000 quintaux de plomb, gît, en *Putzenwercke* (amas irréguliers), dans un calcaire qui paraît devoir se rapporter à la plus ancienne des formations intermédiaires. La riche mine de mercure d'Almaden s'exploite dans le thonschiefer.

Les terrains secondaires prennent également part, de différentes manières, à la construction des chaînes principales. Dans les Pyrénées, sur le versant de l'Espagne, ces terrains s'élèvent à de grandes hauteurs, et occupent même quelques unes des pointes les plus élevées. Le prolongement occidental des Pyrénées, dans le pays Basque, est en grande partie formé par des couches secondaires, et il est vraisemblable que la haute chaîne calcaire qui sépare les Asturies du royaume de Léon est la continuation de la même formation. Sur les deux versans de la Sommo-Sierra, des couches qui appartiennent au même âge reposent sur les terrains anciens, mais elles se tiennent éloignées du centre de la chaîne et en garnissent seulement les flancs. Lorsqu'on suit la

route qui mène de Madrid en Andalousie, on ne quitte les terrains secondaires qu'en arrivant au col de la Sierra-Morena, formé de thonschiefer, mais sur l'autre route il faut aller fort loin avant de les retrouver; les hautes montagnes de Jaen sont secondaires. Des formations du même âge se montrent dans les rameaux qui bordent au nord la Sierra-Nevada, entre Grenade et Cadix; mais elles ne prennent aucune part à l'érection des hautes cimes de cette chaîne. On en voit encore dans les environs de Malaga, elles y reposent sur le terrain ancien et forment quelques crêtes, qui, des montagnes de la Ronda, s'avancent vers les pointes méridionales de l'Espagne. Le célèbre pic de Gibraltar est en grande partie composé de ces mêmes terrains; on ne les rencontre pas seulement dans le voisinage des hautes chaînes, mais ils s'étendent de l'une à l'autre, en formant un sol tantôt uni, tantôt ondulé, et constituent de cette manière les vastes plateaux dont nous avons parlé.

Les formations secondaires les plus importantes en Espagne sont : le grès bigarré (*bunter sandstein und mergel*), le calcaire à gryphites et le calcaire blanc, ou calcaire jurassique; la première formation est tout à fait analogue au *new red sandstone* et *red marl* de l'Angleterre. Le *muschelkalk*, qui se présente en Allemagne entre le *grès bigarré* de Werner et les marnes irisées, manque en Espagne comme en Angleterre. La formation des grès et des marnes est riche en gypse et en sel gemme; à Valence, près de Madrid, et en plusieurs autres points, on trouve en amas isolés le dépôt particulier de silicate de

magnésie (*écume de mer*), qui renferme des nids et des rognons quartzeux. Cette même formation atteint un grand développement dans la Vieille et la Nouvelle-Castille, et c'est à elle que sont dues la couleur rougeâtre et la fatigante uniformité du pays.

Le calcaire à gryphites, équivalent du lias des Anglais, atteint une importance remarquable dans le nord de l'Espagne : il paraît s'élever à de grandes hauteurs sur le versant méridional des Pyrénées. D'une composition variée, dont une partie des membres ressemble entièrement à ceux du calcaire à gryphites des bords du Weser, il s'étend tellement sur tout le pays Basque, qu'il y recouvre presque entièrement les terrains plus anciens. En ce point, il est extraordinairement riche en excellent minérai de fer : les gîtes énormes de fer carbonaté passant à l'hématite brun et rouge, qu'on rencontre à Soromostro, près Bilbao, appartiennent à ce calcaire; ce sont vraisemblablement les mêmes que ceux dont il est question dans le XXXIVe. Livre de l'*Histoire naturelle* de Pline. Peut-être les puissantes couches de houille des Asturies sont-elles également subordonnées à cette formation. Le calcaire blanc jurassique, qui appartient aux formations secondaires les plus répandues, est aussi en Espagne d'une grande importance géognostique : en beaucoup de points, il recouvre immédiatement le grès et les marnes bigarrés; et dans le nord, aussi bien que dans l'est et dans le sud, il forme des chaînes indépendantes et des montagnes considérables. Le défilé de Paucorbo, dans la Vieille-Castille, les montagnes découpées du Jaen, les

escarpemens isolés de Gibraltar, présentent d'une manière remarquable la physionomie caractéristique des rochers de cette formation. Au reste, partout où ce terrain se rencontre, il se décèle aisément par la couleur brun jaunâtre du sol qui le recouvre. On trouve également en Espagne quelques membres qui se rapportent à la formation craïeuse; le grès qui forme les rochers de la côte, entre Cadix et Gibraltar, et le calcaire qu'on trouve dans le pays de Los-Barios, se rapprochent beaucoup des roches de la *Suisse-Soxonne*. Le grès est analogue au *quadersandstein* de l'Allemagne, le calcaire au *pläner* de Saxe, qui est un équivalent de la craie impure.

L'Espagne ne paraît pas être très riche en terrains tertiaires; dans le sud et dans le voisinage de la côte, on observe une formation, abondante en restes d'animaux marins, qui se compose de galets (1) et de sables calcaires, tantôt complétement désagrégés, tantôt réunis par un ciment calcaire plus ou moins solide. A en juger d'après les fossiles, et surtout d'après les bancs d'huîtres que l'on y rencontre, ce terrain, sur lequel Cadix est situé, et qui en quelques points s'étend en formant de basses collines, appartient à la *formation marine européenne*. Peut-être le terrain tertiaire qui, d'après les observations de M. Brongniart, se trouve dans les environs de Boredore, est-il analogue à celui-ci. M. le baron de Férussac a déjà fait connaître l'existence du calcaire d'eau douce en Espagne : ce calcaire, semblable à celui qui est si abondamment répandu dans l'Allema-

(1) Geschiebe.

gne, se présente en nombre de points de la Péninsule, sur les côtes aussi bien qu'à l'intérieur, et à des hauteurs très variables. Une brèche calcaire pénétrée de filets ferrugineux, et qui se rapporte aux derniers dépôts antédiluviens, est développée d'une manière assez remarquable sur les côtes méridionales : tantôt elle remplit des cavités, tantôt elle forme, sur des montagnes de formation diverse, une espèce de croûte. Sur le rocher calcaire de Gibraltar, cette brèche présente en quelques points des restes de quadrupèdes étrangers à la contrée : depuis long-temps ces restes avaient appelé l'attention des naturalistes, et leur présence problématique semble se rapporter à une catastrophe qui aurait agi sur toutes les côtes de la Méditerranée.

M. Haussmann, n'ayant pu visiter les environs de Murcie, n'a pas été à même de se former une opinion sur les terrains de ce pays, que quelques géologues espagnols considèrent comme volcaniques. Les roches, que l'on peut regarder comme ayant été vraisemblablement amenées de l'intérieur, ne se rencontrent qu'en un petit nombre de points. On trouve en Catalogne un basalte bien déterminé; mais les roches porphyriques et semblables au basalte de Casso, de Gata et d'Avila, sur la pente septentrionale des montagnes de Guadarrama, sont encore d'une nature douteuse. M. le professeur Garcia a rencontré dans les environs de Salinas de Poza, dans la Vieille-Castille, une roche analogue à l'*hypersthenfels* de M. Mac-Cullqch. Dans les montagnes de Jaen, M. Haussmann a rencontré, au voisinage des marnes bigarrées à rognons gypseux, un grün-

stein semblable à la roche signalée dans les Pyrénées par MM. Palasson, Charpentier et Boué; mais il n'a pu déterminer ses rapports avec les terrains secondaires.

Le travail de M. Haussmann se termine par quelques considérations relatives aux rapports géologiques généraux de l'Espagne, et à l'influence du sol et du climat sur le reste de la nature, particulièrement sur la manière d'être des habitans. Un coup-d'œil d'ensemble sur l'Espagne laisse facilement apercevoir trois grandes divisions: la zone du nord, qui s'étend jusqu'à l'Ebre, présente des caractères entièrement distincts de la zone du centre, et celle-ci, qui est limitée par la Sierra-Morena, est, à son tour, complétement différente de la zone du sud. La zone septentrionale, qui renferme la Galice, les Asturies, le pays Basque, la Navarre, le nord de l'Aragon et de la Catalogne, est un vaste pays de montagnes. Dans une partie, les neiges et les glaciers des Pyrénées; dans les autres, les vents du nord et du nord-ouest contribuent puissamment à abaisser la température et à produire une irrigation abondante.

L'humidité du pays favorise la végétation, qui, en général, a beaucoup de rapports avec celle du midi de la France; et la fréquente alternance des roches, composées de grès, de calcaire et d'argile, produit un sol d'une légèreté très avantageuse : tout encourage la culture, et dans la Catalogne et le pays Basque elle est vivement entretenue. La partie centrale de l'Espagne, qui comprend les Deux-Castilles, une partie de l'Aragon, du Léon et de l'Estramadure, est loin d'être

aussi favorablement traitée : elle n'offre, en général, ni le charme de la beauté ni même celui de la variété. Ses plaines, élevées, dégarnies d'arbres, s'étendent d'une manière monotone jusqu'à perte de vue; les terrains horizontaux qui les constituent supportent un sol uniforme, rasé par le vent et brûlé par le soleil : l'œil en s'y promenant ne rencontre que de pauvres champs de blé et des bruyères désertes parsemées de *cistres*. Rarement, et plutôt vers le sud que vers le nord, quelques plantations d'oliviers jettent çà et là un peu d'ombre, et malgré leur peu d'élégance produisent cependant un paysage plus varié. Rien n'a plus d'influence sur cette manière d'être de la nature du sol, avec laquelle la nature et les mœurs des habitans ont de grands rapports, que la vaste horizontalité des plateaux, et l'uniformité de la roche qui fournit la terre labourable. La stratification horizontale du terrain et le peu d'abondance des eaux font que les plateaux atteignent un grand développement et se lient les uns aux autres sans être sillonnés par des vallées profondes et multipliées. Les rivières sont, la plupart du temps, très faibles, eu égard à l'étendue du pays et à la fréquence des montagnes; les ruisseaux sont également fort peu nombreux, et il est remarquable de voir combien les montagnes fournissent peu d'eau, même lorsque les roches qui les composent devraient favoriser le développement des sources. Les principales causes de cette grande pénurie sont : la grande siccité de l'atmosphère, le peu d'abondance et de durée des neiges sur les montagnes, la rareté des forêts, le défaut de marais bourbeux sur les hau-

teurs, et enfin le peu de développement en largeur des chaînes de montagnes. La région du sud et du sud-est, qui comprend l'Andalousie et les royaumes de Grenade, de Murcie et de Valence, diffère extrêmement de la région que nous venons de décrire. Dès qu'on a passé la Sierra-Morena, le pays prend quelque chose de plus nouveau, de plus méridional; une teinte africaine se répand non seulement sur la végétation, mais encore sur les animaux et même sur les hommes. La situation du pays, plus au midi; l'exposition de ses pentes, tournées au sud et au sud-est vers les vents d'Afrique; les réverbérations du soleil sur les escarpemens nus et élevés des montagnes, produisent dans le climat une énorme différence. Les montagnes se rapprochent, les vallées sont profondément découpées, les plateaux ne trouvent pas d'espace pour se développer, et ceux qui existent sont, comme celui de Grenade, limités et bien mieux arrosés que ceux de l'intérieur de l'Espagne. Le pays présente en outre une grande diversité dans la nature des roches et dans leur gisement. De ces caractères, il résulte que le midi de l'Espagne offre non seulement une température beaucoup plus élevée, qui favorise la croissance des orangers et des palmiers, mais aussi un sol varié très favorable à l'agriculture. Il est probable que l'influence de ces avantages se ferait encore plus bénignement sentir, si l'air était moins sec, et si l'humidité se trouvait plus uniformément distribuée. C'est à ce défaut qu'on doit attribuer l'absence de la végétation phanérogame sur presque toutes les pentes des montagnes, et la rareté des

mousses et des lichens sur les escarpemens de la côte : il en résulte également que la décomposition des rochers et les modifications des éminences qui hérissent les sommets des montagnes prennent une autre marche que dans les pays plus humides et recouverts d'une végétation plus abondante.

RÉSUMÉ

Des Observations faites sur l'Électro-chimie;

Par M. BECQUEREL, Membre de l'Académie des Sciences.

L'enveloppe de notre globe, depuis sa surface jusqu'à la plus grande profondeur où l'homme soit parvenu, se compose de quatre formations distinctes : chacune d'elles a été étudiée séparément sous le rapport des minéraux et des débris d'êtres organiques qu'elle renferme. L'ensemble des faits observés constitue la géognosie.

Les substances minérales renfermées dans les grandes masses ont cristallisé au moment même où celles-ci étaient en liquéfaction ; elles sont par conséquent d'une époque contemporaine, et l'on ne peut rien savoir sur les causes qui les ont produites ; mais ces mêmes substances ont pu être remaniées par les eaux, puis déposées dans des cavités, des filons, à côté de minéraux qui ont dû exercer sur elles des actions quelconques, d'où sont résultés de nouveaux composés. Le physicien peut donc ajouter des notions importantes à l'histoire de la terre, en cherchant à découvrir les forces en vertu desquelles ces changemens se sont opérés.

On sait que les eaux contiennent ordinairement des substances relatives aux terrains qu'elles traversent : dans les terrains calcaires, ce sont le carbonate et le sulfate de chaux ; dans les grands lacs, le carbonate et le muriate de soude. Les

eaux minérales renferment ordinairement les sulfates de soude et de magnésie; les nitrates de potassse, de chaux et de magnésie se forment dans les vieux murs et près des habitations; le nitrate de soude existe, en Amérique, en couches minces d'une grande étendue; l'acide borique et le borate de soude se trouvent dans certains lacs.

L'intérieur des mines se charge toujours de sels dépendans de leur nature. En général, ce sont les sulfates de zinc, de nickel, de cobalt, de fer et de cuivre, qui proviennent de la décomposition de leurs sulfures respectifs; on y rencontre aussi les sulfates de magnésie, d'alumine et de manganèse.

Dans les terrains volcaniques, le soufre y donne naissance à des sulfates, l'acide hydrochlorique à des chlorures de cuivre, de fer, de soude et de potasse, qui, par leur réaction sur les laves, provoquent la formation de certaines substances.

Il est à croire que ce ne sont pas les seuls composés qui se forment journellement; car on trouve dans les filons des substances qui y ont été déposées à une époque postérieure à la consolidation des masses, et qui, se trouvant en contact avec des dissolutions salines, doivent éprouver des actions électriques propres à amener leur décomposition. Au surplus, quelle que soit l'origine de la plupart de ces substances, si je parviens à prouver qu'on peut arriver à en former de semblables par l'emploi seul de forces électriques très faibles, si faciles à produire dans l'état actuel de la science, j'aurai rendu probable la supposition que les autres substances peuvent avoir eu une origine semblable, surtout si la méthode

employée découle d'un principe général. Cette méthode repose sur les effets électriques qui se manifestent dans l'action chimique des métaux en contact avec les dissolutions salines et dans celle des dissolutions l'une sur l'autre. Cet examen renferme probablement la clef des phénomènes dont nous sommes journellement témoins dans les trois règnes de la nature.

CHAPITRE PREMIER.

DES ACTIONS ÉLECTROCHIMIQUES ET DE LEUR INFLUENCE SUR UN ÉLÉMENT VOLTAÏQUE.

§ 1er. *De l'action réciproque des dissolutions salines ou des liquides différens les uns sur les autres.*

Quand un métal est attaqué par un acide ou un liquide quelconque, il y a dégagement de chaleur, puis formation d'un composé, qui exerce une action non seulement sur ce métal, mais encore sur le liquide qui l'environne, et avec lequel il se mêle insensiblement. Voilà donc quatre causes, en y comprenant l'action chimique, qui peuvent avoir de l'influence sur les effets électriques qui se manifestent : ainsi, jusqu'à ce que l'on connaisse en quoi consiste la part de chacune d'elles dans ces effets, le développement de l'électricité dans l'action d'un acide sur un métal devra être considéré comme un phénomène composé; mais comme l'action des dissolutions salines les unes sur les autres ou sur les acides en est souvent une des causes prépondérantes, j'en parlerai d'abord.

On prend quatre capsules (*fig.* 1, Pl. XIII), que l'on range sur une même ligne; les deux capsules ex-

trêmes sont en platine et celles du milieu en porcelaine ; on verse de l'acide nitrique dans les deux premières et la dernière et une dissolution alcaline dans la troisième ; puis l'on fait communiquer la première et la deuxième, la troisième et la quatrième avec des tubes recourbés, remplis d'eau, et la deuxième et la troisième avec une mèche d'asbeste. Si, dans chacune des deux capsules extrêmes, on plonge une lame de platine communiquant avec l'un des bouts du fil qui forme le circuit d'un galvanomètre très sensible, il y a aussitôt production d'un courant, dont le sens indique que l'acide, pendant son action sur l'alcali, lui a pris l'électricité positive. Que se passe-t-il dans cette expérience? Aux deux extrémités tout est semblable ; il y a action chimique entre l'acide de la deuxième capsule et l'alcali qui est dans la troisième ; l'eau du tube, qui sert à établir la communication de la troisième avec la quatrième, exerce deux actions différentes, l'une sur l'acide et l'autre sur l'alcali : il y a donc en tout trois actions chimiques qui concourent au développement des effets électriques. Or, comme la première l'emporte sur les deux autres, on en conclut que l'acide est positif et l'alcali négatif, résultat inverse de celui que donne le simple contact quand il n'est pas accompagné d'une action chimique comme l'a avancé M. Davy.

En soumettant à l'expérience différens liquides, on trouve les résultats suivans :

L'acide nitrique est positif avec.	l'acide hydrochlorique ; —— acétique ; —— nitreux ; les dissolutions alcalines ; —— de nitrates ; —— de sulfates ; —— d'hydrochlorates, etc., etc.
L'acide nitrique est négatif avec.	l'acide sulfurique; —— phosphorique.
L'acide phosphorique est positif avec.	l'acide hydrochlorique ; —— sulfurique ; —— nitrique ; les dissol. alcal., salines, etc., etc.

Il est inutile de rapporter un plus grand nombre de résultats, qui prouvent tous cette vérité, qu'en général, dans la combinaison de deux liquides, celui qui joue le rôle d'acide prend à l'autre l'électricité positive.

Le contact de l'acide nitrique avec la dissolution de nitrate de cuivre, et en général celui d'un acide avec une de ses dissolutions, étant suivi d'une dissolution, on peut en conclure que ce genre d'action chimique, sous le rapport des effets électriques, est analogue à la combinaison ; car, dans l'un et l'autre cas, les substances acides sont positives. Ce rapprochement n'est pas sans intérêt pour l'électrochimie.

§ 2. *Des effets électriques produits dans le contact des métaux et des dissolutions salines ou des acides.*

Les réactions des dissolutions entre elles et sur les acides sont les causes qui influent souvent le plus sur les effets électriques que l'on observe pendant l'action chimique d'un acide sur un mé-

tal, surtout quand cette action n'est pas énergique. Soient deux capsules A et A' (*fig.* 2), remplies d'acide nitrique et communiquant ensemble avec une mèche d'amiante, si l'on plonge dans chacune d'elles l'un des bouts d'une lame d'or, dont l'autre est fixée à l'une des extrémités du fil d'un galvanomètre, et si l'on verse quelques gouttes d'une dissolution d'hydrochlorate d'or dans la capsule A, proche la lame, l'aiguille aimantée éprouve une déviation qui va jusqu'à 80 degrés dans un sens tel, que le bout A devient négatif par rapport au liquide; mais si, au lieu de la dissolution, on verse quelques gouttes d'acide hydrochlorique, l'or est attaqué aussitôt; il y a formation d'hydrochlorate d'or et production d'effets électriques absolument semblables aux précédens, tant pour la direction que pour l'intensité, et comme, dans les deux cas, il y a réaction de l'hydrochlorate d'or sur l'acide nitrique, laquelle rend l'acide positif, on ne peut douter qu'elle ne prévale, dans cette circonstance, sur celle qui provient de l'action chimique de l'acide hydrochloro-nitrique sur ce métal pour déterminer le sens du courant. Cette expérience montre combien il est difficile de constater positivement le dégagement de l'électricité dans l'acte même de la combinaison d'un métal avec un acide, abstraction faite de la réaction de la dissolution qui se forme sur le liquide qui l'environne.

J'ai indiqué cependant le moyen d'éviter cette réaction : l'étain et son sulfate, le fer et son hydrochlorate, le plomb, l'antimoine et le bismuth, avec leurs dissolutions respectives, agissent de même que le cuivre, par rapport à ses dissolutions, quand on ajoute quelques gouttes

d'acide. Il en est encore de même du zinc, du fer, et probablement du manganèse avec les dissolutions de leurs nitrates respectifs; mais avec celles de leurs sulfates, ces effets sont inverses. Ce fait, particulier aux métaux qui décomposent l'eau, mérite d'être signalé, à cause des erreurs où il peut entraîner.

§ 3. *Effets électriques produits par deux métaux différens qui plongent dans un ou plusieurs liquides.*

Je me borne à rappeler quelques uns des résultats auxquels j'ai été conduit par l'expérience : lorsque les deux bouts d'un couple cuivre et zinc plongent dans une dissolution saturée de sulfate de zinc contenue dans deux capsules jointes ensemble par une mèche de coton, une petite quantité d'acide nitrique ou d'une dissolution de nitrate de cuivre versée dans la capsule de cuivre augmente fortement l'intensité du courant, tandis que la même quantité d'acide mise dans l'autre la diminue. Si le bout cuivre plonge dans une dissolution saturée de nitrate de cuivre, et le côté zinc dans une dissolution saturée de sulfate de zinc, l'intensité du courant atteint à peu près son maximum. Le cuivre et le zinc plongeant chacun dans une capsule qui renferme de l'eau avec un 30e. d'acide sulfurique, une addition de sulfate de zinc au côté zinc ne change pas l'intensité du courant, tandis que quelques gouttes d'acide nitrique ou d'une dissolution de nitrate de cuivre au côté cuivre l'augmentent fortement. On voit par là comment, dans un couple voltaïque, la réaction des dissolutions peut influer sur les effets électriques.

CHAPITRE II.

EMPLOI DES EFFETS ÉLECTROCHIMIQUES POUR PRODUIRE DES COMBINAISONS.

§ 1er. *Exposé des moyens propres à former des combinaisons.*

J'ai fait connaître, dans plusieurs mémoires, comment on pouvait opérer des décompositions avec des forces électriques moindres que celles qui proviennent du contact de deux métaux. Si l'on met dans un verre cylindrique une dissolution métallique de cuivre, par exemple, versant dessus, avec la plus grande précaution, de l'eau distillée ou de l'eau acidulée, de manière que les liqueurs soient séparées, et plongeant dedans une lame de cuivre, au bout de quelques heures la lame est recouverte d'un précipité de cuivre à l'état métallique. On en a conclu que les métaux peuvent former, avec leurs dissolutions et l'eau, des chaînes électriques dont l'action précipite le métal.

Ce fait s'explique aisément d'après les principes que j'ai établis précédemment. En effet, les dissolutions métalliques sont positives par rapport à l'eau; le bout de lame de métal qui plonge dans les premières doit donc leur prendre l'électricité positive et être le pôle négatif d'une pile; il est tout simple que le métal se précipite dessus. Bucholz pensait que toutes les dissolutions métalliques jouissaient de la même propriété; mais il n'en est pas ainsi, puisque le zinc, le fer et le manganèse, avec une dissolution de leurs sulfates respectifs et de l'eau, donnent des effets électriques contraires à la loi générale; aussi n'aperçoit-on aucun précipité.

La chimie se compose de deux parties distinc-

tes, l'analyse et la synthèse : la première, qui apprend à séparer tous les élémens dont un corps est formé, a été portée, dans ces derniers temps, à un grand degré de perfection ; mais il n'en est pas de même de la seconde, qui montre comment on peut recomposer un corps, au moyen de ses élémens, quand il appartient au règne minéral et à la nature organique ; car l'on est parvenu jusqu'à présent à ne former qu'un petit nombre de composés qui s'y rapportent. La difficulté de recomposer des corps naturels tient aux procédés dont on fait usage ordinairement : en effet, comment opère-t-on des combinaisons ? C'est en faisant réagir les uns sur les autres des corps dissous dans des liquides, ou en employant l'action du calorique et quelquefois celle de l'étincelle électrique, modes d'action trop rapides pour un grand nombre de composés, surtout pour ceux de nature organique, qui, formés des mêmes élémens, ne diffèrent souvent entre eux que par de faibles variations dans les proportions et quelquefois seulement par leur mode d'agrégation.

En outre, quand on fait réagir deux corps l'un sur l'autre pour déterminer une combinaison, toutes leurs parties constituantes concourent en même temps à l'effet général, et le chimiste n'a pas toujours la possibilité d'empêcher la réaction de l'une d'elles ; ce qui doit restreindre le nombre des produits : souvent aussi il ne peut employer les élémens des corps à l'état naissant, circonstance si favorable à l'action chimique. L'électrochimie, au contraire, telle que je la considère, n'emploie que des corps à l'état naissant et des forces excessivement faibles, qui, produisant les molécules pour ainsi dire une à

une, disposent par là les composés à prendre des formes régulières, même quand ils sont insolubles, puisque le nombre des molécules ne peut apporter aucun trouble dans leur arrangement.

L'action chimique de la pile de Volta consiste, comme on sait, dans la faculté dont jouissent deux fils de métal en communication chacun avec l'une des extrémités de l'appareil, et plongent tous les deux dans un même liquide, d'opérer la décomposition de ce liquide et des substances qu'il tient en dissolution, de manière que les acides et l'oxigène se rendent au pôle positif, les bases et l'hydrogène au pôle négatif. Quand le liquide est réparti dans deux capsules de porcelaine, communiquant ensemble avec une mèche d'amiante, les effets sont encore les mêmes. On obtient encore un résultat semblable lorsque chaque capsule ne renferme pas la même dissolution. Voilà ce qui se passe toutes les fois que la force de la pile est suffisante pour opérer la décomposition des deux dissolutions; mais si elle ne peut en décomposer qu'une seule, alors les élémens de celle-ci sont transportés dans l'autre capsule, où ils produisent ordinairement des modifications qui amènent la formation de nouveaux composés : c'est l'ensemble des faits relatifs à ce mode d'action, que j'ai désigné sous le nom d'électrochimie.

Davy a avancé que, dans les décompositions opérées avec la pile, si l'acide rencontre, en se rendant au pôle positif, une base avec laquelle il forme un sel insoluble, la combinaison a lieu et se précipite. Ce fait, qu'il a généralisé, prouve seulement que, dans les circonstances où il opérait, l'affinité de l'acide pour la base l'emportait

sur l'intensité du courant électrique, qui tendait à transporter l'acide au pôle positif et la base au pôle négatif. J'aurai occasion plus loin de le démontrer.

J'emploie trois procédés pour former des combinaisons : le premier est le plus simple, parce que l'on ne se sert que d'un seul liquide. On prend un tube, fermé à l'une de ses extrémités ; on met dedans un oxide, un liquide et une lame de métal qui touche l'un et l'autre (*fig.* 3). Il résulte des diverses actions chimiques qui ont lieu entre ces trois corps une résultante d'effets électriques, qui détermine assez souvent la formation d'un composé.

Le deuxième procédé consiste à prendre un tube recourbé en U, au fond duquel on place de l'argile très divisée, légèrement humectée, pour empêcher le mélange des liquides que l'on verse dans chaque branche, ou bien à substituer au tube recourbé deux tubes de verre (*fig.* 4), ouverts par leurs deux extrémités et remplis dans leurs parties inférieures d'argile légèrement humectée. Dans un de ces tubes, on verse une dissolution de sulfate ou de nitrate de cuivre ou d'un autre sel métallique, et, dans l'autre, une dissolution, sur laquelle les forces électriques doivent réagir ; puis l'on plonge les deux tubes par les bouts qui renferment l'argile, retenue par des tampons d'asbeste, dans une autre dissolution, ou simplement dans de l'eau, et l'on établit la communication entre les liquides des tubes, avec une lame de cuivre ou d'un autre métal, suivant le cas.

Le troisième procédé est le suivant : on prend trois bocaux A, A′, A″ (*fig.* 5) rangés sur la même

ligne, à peu de distance les uns des autres : le premier est rempli d'une dissolution de sulfate ou de nitrate de cuivre ; le second, d'une dissolution de la substance sur les parties constituantes de laquelle on veut opérer des changemens ; et le troisième, d'eau rendue légèrement conductrice de l'électricité par l'addition d'un acide ou de sel marin. A communique avec A', au moyen d'un tube recourbé *a b c*, rempli d'argile humectée d'une dissolution saline, dont la nature dépend de l'effet que l'on désire produire dans A ; A' et A'' communiquent ensemble par l'intermédiaire d'une lame de platine ou d'or *a' b' c'*, et enfin A et A'' avec un couple voltaïque *c*M*z*, composé de deux lames M*c* et M*z*, cuivre et zinc ; enfin, un tube de sûreté *tt'* est placé dans le bocal A', pour indiquer les pressions intérieures produites par le dégagement des gaz.

§ 2. *Du carbone et de son emploi électro-chimique.*

Il est convenable d'étudier d'abord les propriétés électriques du carbone, l'un des corps le plus répandus dans les trois règnes, et qui y joue un grand rôle.

L'hydrogène et le carbone se combinent en diverses proportions lorsque ces deux corps se trouvent à l'état naissant : aussi, toutes les substances animales et végétales en décomposition laissent-elles dégager du gaz hydrogène carboné. Ces propriétés, et surtout la dernière, sont d'une grande importance ; car, lorsqu'il s'agit d'enlever un élément à un composé au moyen de l'électricité, si cet élément peut se combiner avec un des agens employés à la développer, cette

circonstance influe beaucoup sur la décomposition et la détermine souvent.

Le carbone, plongé dans un acide avec un métal auquel il est joint, produit un courant dont le sens et l'intensité dépendent des actions chimiques exercées par le liquide sur lui et le métal. Voilà encore un phénomène composé, qu'on ne peut analyser que dans quelques cas particuliers. Je fixe un morceau de charbon aussi pur que possible, à l'un des bouts d'un fil de platine, dont l'autre plonge dans l'acide nitrique; il y a alors courant, le carbone prend à l'acide l'électricité négative. Avec l'acide hydrochlorique et l'acide sulfurique, l'effet est contraire; toutes les dissolutions acides qui proviennent des deux derniers se comportent de même. La réaction propre de ces acides sur le charbon est la cause de cette différence dans les effets électriques.

Un couple carbone et cuivre, plongé dans l'acide hydrochlorique, détermine un courant tel que le premier prend au liquide l'électricité positive. Un couple carbone et argent donne le même résultat : on déduit de là un procédé simple pour former divers chlorures; dans un tube de verre, fermé par un bout, on verse de l'acide hydrochlorique concentré, et l'on plonge dedans une lame d'argent fixée avec un fil de même métal à un morceau de charbon, que je désignerai dorénavant sous la dénomination de carbone; puis l'on ferme le tube, en laissant seulement une très petite ouverture pour donner une issue aux gaz qui se dégagent pendant la réaction des corps. Voici ce qui se passe : l'argent, d'après ce que j'ai rapporté dans l'article précédent, étant le pôle positif d'une pile, attire le chlore et se

combine avec lui, tandis que l'hydrogène se porte sur le carbone, avec lequel il forme une combinaison de gaz hydrogène et de carbone qui se dégage ; quand le tube n'a pas d'ouverture, la tension qu'acquiert le gaz ne tarde pas à le faire éclater. La combinaison du chlore avec l'argent cristallise en octaèdres comme celle que l'on trouve dans la nature. Les cristaux prennent un accroissement lent ; cependant j'en ai obtenu d'un millimètre de côté. Après six mois d'expérience, leur limpidité est parfaite ; ils jouissent de toutes les propriétés du chlorure d'argent, comme je l'ai vérifié. Si l'on substitue une lame de cuivre à la lame d'argent, et que le tube soit fermé hermétiquement, la réaction électrique ne tarde pas à déterminer le jeu des affinités ; l'acide hydrochlorique est décomposé, et il y a dégagement d'hydrogène carboné, qui brise le tube ; après six mois, un an d'expérience, la lame se recouvre de beaux cristaux tétraèdres de protochlorure de cuivre, qui, avec le contact de l'air ou de l'eau, se changent en deutochlorure ; mais si l'on continue l'expérience sans le contact de l'air, la liqueur change de couleur, devient brune claire, ensuite foncée et les cristaux ne sont plus visibles. Le carbone est fortement attaqué, et détermine une combinaison que je n'ai pas encore analysée. Les cristaux, qui ont souvent deux millimètres de côté, sont d'une grande limpidité.

Ces deux exemples suffisent pour montrer quel parti on peut tirer du carbone dans les phénomènes électrochimiques, pour provoquer certaines combinaisons.

§ 3. *Des oxides métalliques et des moyens de les obtenir cristallisés.*

Pour obtenir des cristaux de protoxide de cuivre, par exemple, on prend un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités, au fond duquel on met du deutoxide de cuivre (*fig.* 3); on remplit ce tube d'une dissolution de nitrate de cuivre saturée, puis l'on y plonge une lame de cuivre, qui touche aussi le deutoxide, et l'on ferme le tube hermétiquement. Une dixaine de jours après, on aperçoit sur la lame de cuivre de petits cristaux, tantôt cubiques, tantôt octaèdres, d'un brillant métallique. Pour découvrir les phénomènes électriques qui les produisent, il faut prendre deux capsules de porcelaine remplies d'une dissolution de nitrate de cuivre et communiquant ensemble avec une mèche de coton; puis, plonger dans chacune d'elles le bout d'une lame de cuivre, dont l'autre est fixé à l'une des deux extrémités du fil d'un excellent galvanomètre : tout étant semblable de part et d'autre, il ne se manifeste aucun courant; mais si l'on répand du deutoxide de cuivre sur la partie de l'une des lames qui plonge dans la dissolution, peu après il y a production d'un courant, dont le sens indique que la lame en contact avec le deutoxide a pris l'électricité négative; il suit de là que la lame qui est dans l'autre capsule est le pôle négatif de la petite pile qui opère la décomposition du nitrate de cuivre : or, dans le tube, il se passe un effet absolument semblable; la partie de la lame qui est en contact avec le deutoxide est le pôle positif, tandis que l'autre est le pôle négatif. D'après cela, la portion de la lame de cuivre

qui n'est pas en contact avec le deutoxide doit attirer le cuivre à l'état métallique ou ses oxides, suivant la force du courant : il est donc tout naturel que le protoxide de cuivre s'y porte si le courant n'a pas l'énergie nécessaire pour réduire entièrement le métal. Il cristallise, parce que l'action électrique étant très lente, ainsi que l'action chimique, les molécules ont le temps de s'arranger suivant les lois de la cristallisation, bien que ce corps soit insoluble.

Suivant la quantité plus ou moins grande du deutoxide de cuivre renfermée dans le tube, il s'y passe des phénomènes différens. Je suppose qu'il y en ait un grand excès, il y a d'abord production et cristallisation de protoxide, la dissolution se décolore peu à peu, devient ensuite incolore, et l'on aperçoit sur les parois intérieures du tube des cristaux de nitrate d'ammoniaque; la liqueur ne renferme plus qu'une dissolution saturée de ce sel et quelques traces de cuivre. Comme le tube est fermé hermétiquement, l'ammoniaque a dû être formée aux dépens de l'hydrogène de l'eau et de l'azote de l'acide nitrique.

La nature des cristaux formés sur la lame de cuivre et le changement qu'éprouve le deutoxide peuvent seuls nous éclairer sur l'origine des effets électriques qui produisent des actions chimiques.

Ces cristaux jouissent des propriétés suivantes : leur poussière est rouge; elle se dissout dans l'ammoniaque sans la colorer; il en est de même dans l'acide hydrochlorique. Cette dernière dissolution est troublée par l'eau : ces caractères conviennent tous au protoxide de cuivre.

Quant au deutoxide de cuivre qui est au fond

du tube, il est facile de reconnaître qu'il s'est changé en sous-nitrate : il est facile maintenant d'expliquer les effets électriques.

Le deutoxide s'emparant d'une portion de l'acide du nitrate de cuivre, il s'ensuit que la partie de la lame qui touche le deutoxide se trouve en contact avec de la dissolution de nitrate, qui est moins saturée que celle dans laquelle plonge le bout supérieur. D'après les principes précédens, la lame de cuivre se trouve placée convenablement pour produire un courant, en raison de l'action des deux dissolutions l'une sur l'autre. Le bout supérieur doit donc être le pôle négatif et le bout inférieur le pôle positif, comme les résultats obtenus le prouvent effectivement.

C'est par un moyen semblable qu'on pourra obtenir cristallisés les divers oxides d'un même métal et distinguer les principes immédiats dans les composés organiques. Pour avoir le protoxide de plomb, par exemple, on emploie une dissolution de sous-acétate de plomb, de la litharge pulvérisée et une lame de plomb. Suivant la quantité de litharge, on obtient le protoxide en cristaux dodécaèdres ou en aiguilles prismatiques. Une condition indispensable dans ces sortes d'expériences est que le liquide réagisse sur l'oxide et soit capable, par suite des effets électriques qui en résultent, d'attaquer les lames de métal.

Je suis parvenu, par d'autres moyens que je n'ai pas encore fait connaître, à obtenir l'oxide de zinc cristallisé et les tritoxides de plomb et de manganèse en lames très minces, d'un aspect métallique.

§ 4. *Des doubles chlorures, doubles iodures, doubles bromures, doubles sulfures, doubles cyanures.*

L'expérience suivante est nécessaire pour bien comprendre ce qui se passe pendant la formation des doubles chlorures, doubles iodures, etc., par les procédés électrochimiques décrits précédemment.

Un tube de verre de plusieurs centimètres de diamètre, ouvert par ses deux extrémités et contenant dans sa partie inférieure de l'argile très fine, imprégnée d'une dissolution de nitrate de potasse, et dans sa partie supérieure de l'alcool ordinaire, est placé dans un autre, rempli d'une dissolution de sulfate de cuivre; puis l'on établit extérieurement la communication entre les deux liquides au moyen d'un arc composé de deux lames cuivre et plomb soudées bout à bout, le côté cuivre plongeant dans le sulfate et le côté plomb dans l'alcool. Le sulfate de cuivre ne tarde pas à être décomposé par suite des effets électriques, qui résultent en grande partie de l'action de ce sel sur le nitrate de potasse. Le cuivre se réduit sur la lame de même métal, qui est le pôle négatif; tandis que l'oxigène et l'acide sulfurique se transportent du côté de la lame plomb; mais, au lieu d'obtenir du sulfate de même métal, il se forme, en peu de jours, une grande quantité de cristaux octaèdres de nitrate de plomb. Ce fait prouve évidemment que l'acide sulfurique, en traversant l'argile imprégnée de nitrate de potasse, décompose ce sel, se combine avec la potasse, en raison d'une plus grande affinité pour cette base que n'en a l'acide nitrique;

celui-ci se rend alors au pôle positif, qui exerce aussi sur lui une autre action attractive; une partie s'y décompose pour oxider le plomb et l'autre se combine avec l'oxide formé. Il en résulte du nitrate de plomb, qui cristallise à mesure que l'alcool en est saturé. Un appareil voltaïque, formé d'un seul couple, possède le degré de force nécessaire pour produire cet effet. On voit, par ce premier exemple, qu'un acide transporté par un courant dans une dissolution est capable de décomposer un sel quand les affinités particulières l'emportent sur l'intensité du courant.

Pour former les doubles chlorures, par exemple celui de cuivre et de sodium, voici le procédé : on prend le tube recourbé en U (ou, mieux encore, les deux tubes dont j'ai parlé), rempli dans sa partie inférieure d'argile très pure. On verse dans une des branches une dissolution de nitrate de cuivre et dans l'autre une dissolution d'hydrochlorate de soude, puis l'on plonge dans chacune d'elles l'un des bouts d'une lame de cuivre, et l'on ferme les deux ouvertures avec du mastic. Bientôt, par suite des actions combinées des deux dissolutions l'une sur l'autre et de l'hydrochlorate sur le cuivre, le bout de la lame plongé dans le nitrate devient le pôle négatif et se recouvre de cuivre à l'état métallique; l'acide nitrique et l'oxigène sont mis à nu et transportés dans l'autre tube; le bout de la lame qui s'y trouve s'oxide rapidement. L'acide nitrique décompose en partie le chlorure; il se forme du nitrate de soude; le chlore se porte sur l'oxide de cuivre et produit un oxichlorure, lequel, étant à l'état naissant, se combine avec le chlorure de sodium. Peu à peu, cette combinaison cristallise

sur la lame en jolis cristaux tétraèdres, lesquels, mis en contact avec l'eau, la décomposent aussitôt ; le chlorure de sodium se dissout et l'oxichlorure se précipite.

Les hydrochlorates d'ammoniaque, de chaux, de potasse, de baryte, de strontiane et de magnésie donnent, avec le cuivre, des produits analogues, qui cristallisent de même en tétraèdres réguliers ; ils sont donc tous isomorphes.

L'argent, avec les mêmes hydrochlorates, ainsi que le plomb, donnent également des combinaisons isomorphes semblables aux précédentes. Ce sont précisément les hydrochlorates alcalins ou terreux, dont la composition chimique est la même qui donne ces produits. Le double chlorure de potassium et d'étain cristallise en aiguilles prismatiques : aussi le chlorure d'étain n'a-t-il pas la même composition chimique que les chlorures terreux ou alcalins.

Les doubles iodures, doubles bromures, doubles sulfures s'obtiennent par le même procédé.

§ 5. *Des sulfures, iodures, etc., métalliques cristallisés.*

Je ne parlerai que des sulfures qui ne décomposent pas l'eau, et je commencerai par celui d'argent. On se sert de l'appareil des deux petits tubes ouverts par leurs deux bouts, et remplis, dans leurs parties inférieures, d'argile légèrement humectée, retenue par un tampon de coton (*fig.* 4).

On verse, dans l'un de ces tubes, une dissolution saturée de nitrate d'argent, et dans l'autre une dissolution d'hyposulfite de potasse provenant de la décomposition à l'air du sulfure de

potasse, puis l'on plonge dans chacune d'elles l'un des bouts d'une lame d'argent. Voici ce qui se passe : peu à peu le nitrate d'argent est décomposé en raison des actions électriques décrites précédemment; le bout de la lame, qui plonge dans le nitrate d'argent, étant le pôle négatif, se recouvre d'argent à l'état métallique, tandis que l'oxigène et l'acide nitrique se transportent à l'autre bout; l'oxigène oxide l'argent, l'acide nitrique décompose peu à peu l'hyposulfite de potasse; l'acide hyposulfureux se porte sur l'oxide d'argent, et forme avec lui un hyposulfite d'argent, qui se combine avec de l'hyposulfite de potasse qui se trouve dans la dissolution. Ce double hyposulfite, qui cristallise en beaux prismes, est décomposé, à son tour, par l'acide nitrique et l'oxigène, qui ne cessent d'arriver à l'état naissant tant que le nitrate d'argent n'est pas décomposé entièrement. Il se forme alors du sulfate de potasse, du sulfate d'argent et du sulfure d'argent, qui cristallisent en jolis petits cristaux octaèdres.

Ces cristaux ont le même aspect que ceux de la même substance que l'on trouve dans la nature; comme eux, ils s'étendent légèrement sous le marteau, leur couleur est gris de plomb.

La cristallisation du sulfure d'argent est due à ce que la décomposition du double hyposulfite s'opérant très lentement, les molécules ont le temps d'effectuer le mouvement d'oscillation nécessaire pour que les faces similaires puissent réagir les unes sur les autres en vertu des lois de la cristallisation.

Le sulfure de cuivre s'obtient par le même procédé; on remplace le nitrate d'argent par le

nitrate de cuivre et la lame d'argent par une lame de cuivre. Il se forme assez promptement un double hyposulfite de potasse et de cuivre, qui cristallise en aiguilles soyeuses très fines. Cette combinaison se décompose peu à peu, et l'on finit par obtenir, sur la lame de cuivre, des cristaux à faces triangulaires, qui ont un à deux millimètres de longueur. Ces cristaux sont d'un gris métallique et quelques uns nuancés de bleuâtre; ils possèdent les caractères qui conviennent au sulfure de cuivre.

Le persulfure de fer se prépare de la même manière, ainsi que plusieurs autres sulfures.

On voit, par les faits précédens, que, pour obtenir cristallisée une substance insoluble, il suffit de la faire entrer en combinaison avec une autre qui soit soluble et d'opérer ensuite une décomposition très lente à l'aide des effets électro-chimiques.

§ 6. *Des iodures métalliques*.

On sait que les iodures sont soumis à la même loi de composition que les sulfures : on doit donc se procurer les iodures insolubles par le même procédé que celui qui a servi pour les sulfures; ce n'est là qu'une généralisation du principe.

On substitue, dans l'appareil électrochimique, l'hydriodate de potasse ou de soude à l'hyposulfite alcalin. Avec le plomb, on obtient d'abord un double iodure de plomb et de potassium, qui cristallise en aiguilles blanches soyeuses fines; peu à peu cette combinaison se décompose, en commençant par la partie inférieure contiguë à l'argile; puis l'on aperçoit un grand nombre de

cristaux dérivant de l'octaèdre régulier, d'un jaune d'or et d'un aspect brillant. Cette substance, qui est insoluble, est de l'iodure de plomb; c'est la première fois qu'on l'obtient cristallisé.

Le cuivre, soumis au même mode d'action, donne d'abord un double iodure en aiguilles blanches cristallines; puis l'on obtient, après la décomposition, de jolis cristaux octaèdres d'iodure de cuivre.

Il est probable que les autres métaux, avec des précautions convenables, conduiraient à des résultats semblables. Les bromures, les séléniures peuvent sans doute être obtenus par le même procédé; je me borne à indiquer ces faits, parce qu'ils découlent d'un principe général, dont l'application ne peut manquer d'intéresser la chimie.

§ 7. *Du soufre, des sulfates de chaux et de baryte, du carbonate de plomb et du double carbonate de potasse et de cuivre.*

Le sulfocarbonate de potasse, dont la dissolution, quand elle n'est pas concentrée, se décompose peu à peu à l'air, se trouve dans des circonstances favorables pour que des forces très faibles produisent des changemens dans l'état de combinaison de ses parties constituantes. Voici comment on opère sur cette substance : on prend deux bocaux en verre; dans l'un on verse une dissolution alcoolique de sulfocarbonate de potasse, et dans l'autre une dissolution de sulfate de cuivre, puis on établit la communication entre les deux liquides, d'une part avec un tube

de verre recourbé rempli d'argile imprégnée d'une dissolution de nitrate de potasse, et, de l'autre, avec un arc formé de deux lames cuivre et plomb, le cuivre plongeant dans le sulfate et le plomb dans le sulfocarbonate. D'après la nature des actions électriques produites dans cet appareil, le plomb se trouve être le pôle positif d'une petite pile, dont l'intensité est suffisante pour décomposer le sulfate ; le cuivre se réduit, l'oxigène et l'acide sulfurique se transportent vers le plomb ; l'acide, dans son trajet, décompose le nitrate de potasse comme dans l'expérience précédente, de sorte que l'oxigène et l'acide nitrique se rendent seuls dans le sulfocarbonate : aussitôt qu'ils y pénètrent, ils commencent à réagir sur ses parties constituantes, et cette action persévère jusqu'à ce que la force du courant soit devenue supérieure aux affinités des divers élémens qui sont en présence : alors le transport des molécules continue jusqu'à la lame de plomb, où s'opère la dernière réaction. Il se forme successivement les produits suivans : du carbonate neutre de potasse, qui cristallise sur les parois du vase; du carbonate de plomb en cristaux aciculaires, semblables à ceux que l'on trouve dans la nature, et probablement du sulfate de potasse et du sulfate de plomb. Enfin, le soufre, qui provient de la décomposition du sulfure de carbone et du sulfure de potasse, se porte sur la lame de plomb, qui est le pôle positif, et y cristallise en octaèdres à base rhombe, comme les cristaux naturels. Ces octaèdres ont un millimètre après un mois d'expérience.

Au lieu du sulfate de cuivre, on peut se servir

du nitrate, qui fournit immédiatement l'acide nitrique.

Les produits auxquels donne lieu la décomposition du sulfocarbonate de potasse varient suivant l'intensité du courant électrique et le degré de concentration de la dissolution. Avec une dissolution de sulfocarbonate dans l'eau, on obtient peu de soufre et une grande quantité de carbonate de plomb. Ces différences dans les résultats tiennent aux rapports qui existent entre les affinités des divers corps et les intensités du courant, qui varient suivant la conductibilité des liquides et l'énergie de l'action chimique; dans l'état actuel de la science, il est impossible de prévoir, *à priori*, ce qui doit arriver dans tel ou tel cas: c'est l'expérience seule qui peut l'apprendre.

Les sulfocarbonates des autres bases, soumis au même mode d'expérience, m'ont donné des résultats analogues; c'est par leur décomposition lente et en employant des métaux convenables au pôle positif, que je suis parvenu à obtenir, en cristaux dérivant de la forme primitive, le sulfate de chaux et celui de baryte, comme on les trouve dans diverses formations du globe.

Pour obtenir le double carbonate de soude et de cuivre, on remplit d'une dissolution de bicarbonate de soude un tube contenant, dans sa partie inférieure, de l'argile imprégnée de la même dissolution, et on le place dans un autre, qui contient une dissolution de sulfate de cuivre; puis l'on plonge, dans chaque liquide, l'une des extrémités d'une lame de cuivre. Le bout qui est dans la dissolution du sulfate, étant le pôle négatif, décompose ce sel, attire le cuivre, tandis que

l'oxigène et l'acide sulfurique se portent de l'autre côté; mais l'acide sulfurique, trouvant sur son passage de l'acide carbonique, le chasse de la combinaison et prend sa place : alors l'acide carbonique forme avec l'oxide de cuivre un carbonate, lequel, en se combinant avec celui de soude, donne naissance à un double carbonate, qui cristallise en belles aiguilles d'un vert bleuâtre satiné. Cette substance, qui n'est pas soluble dans l'eau, s'y décompose à l'aide de la chaleur; le carbonate de soude se dissout, celui de cuivre se précipite et devient brun comme le carbonate ordinaire traité par l'eau bouillante.

Dans les expériences précédentes, la propriété dont jouit l'acide sulfurique de chasser les acides, qui ont moins d'affinité que lui pour les bases, n'a lieu qu'en raison du peu d'énergie de l'action de la pile; car, si elle était plus considérable, tous les acides indistinctement seraient transportés au pôle positif.

§ 8. *Description d'un appareil électrochimique qui permet d'éviter ou d'employer à volonté, au pôle positif, la réaction des oxides métalliques qui s'y forment.*

J'ai décrit, chapitre II, § 1er., un procédé à l'aide duquel on peut produire en grand des combinaisons. Comme il peut être employé à plusieurs usages, je vais le faire connaître avec plus de détails. On prend trois bocaux A, A', A'' (*fig.* 5), rangés sur la même ligne, à peu de distance les uns des autres : le premier est rempli d'une dissolution de sulfate ou de nitrate de cuivre; le second, d'une dissolution de la subs-

tance sur les parties constituantes de laquelle on veut opérer des changemens, et le troisième, d'eau rendue légèrement conductrice de l'électricité par l'addition d'un acide ou de sel marin. A communique avec A′, au moyen d'un tube recourbé *a b c*, rempli d'argile humectée d'une dissolution saline, dont la nature dépend de l'effet que l'on veut produire dans A; A′ et A″ communiquent ensemble par l'intermédiaire d'une lame de platine ou d'or *a′ b′ c′*, et enfin A et A″ avec un couple voltaïque CMZ, composé de deux lames MC et MZ cuivre et zinc; enfin, un tube de sûreté *tt* est placé dans le bocal A′, pour indiquer les pressions intérieures produites par les dégagemens de gaz. D'après cette disposition, l'extrémité de la lame de platine est le pôle positif d'une petite pile, dont l'action est lente et continue. Quand le liquide contenu dans A′ est bon conducteur, l'intensité du courant est suffisante pour décomposer le sulfate de cuivre qui se trouve dans A; dès lors l'oxigène se rend vers *a′*, ainsi que l'acide sulfurique, qui, en passant dans le tube *abc*, chasse quelquefois les acides, qui ont moins d'affinité que lui pour les bases. Tous les élémens se rendent dans le liquide A′, où leurs réactions lentes déterminent divers changemens. Cet appareil a un grand avantage sur ceux décrits précédemment; il permet d'opérer sur de plus grandes dimensions et d'éviter la réaction de l'oxide qui se formait en *a′* quand on employait un métal oxidable pour faire naître le courant.

En remplaçant la lame de platine par une lame d'un métal oxidable, on introduit dans la dissolution la réaction d'un oxide, qui, se trouvant à

l'état naissant, concourt à la formation des produits.

Quelques applications feront mieux apprécier les avantages de cet appareil.

Première expérience. On verse dans le bocal A' une dissolution alcoolique de sulfocarbonate de potasse, dans le bocal A une dissolution de sulfate de cuivre, et dans l'argile du tube *a b c* une autre de nitrate de potasse. Après vingt-quatre heures d'expérience, la réaction de l'oxigène et de l'acide nitrique sur la dissolution du sulfocarbonate est déjà sensible; car on aperçoit sur le bout *a'* de la lame de platine les produits que j'ai indiqués plus haut en opérant avec une lame de plomb, c'est à dire des cristaux de soufre, de carbonate neutre de potasse, etc...., mais non du carbonate de plomb, puisqu'il n'y a pas d'oxide de ce métal.

Deuxième expérience. On substitue, dans l'appareil précédent, au sulfocarbonate de potasse une dissolution dans l'eau de sulfocarbonate de baryte; les réactions analogues ne tardent pas à se manifester : précipitation de soufre en petits cristaux et formation de sulfate de baryte en aiguilles prismatiques. On obtiendrait sans doute, par ce procédé, des cristaux d'une certaine dimension si l'on courbait le bout de la lame de platine en forme de cuiller, pour empêcher que ceux qui se forment sur la surface de la lame ne tombent au fond du vase.

Troisième expérience. — Moyen de constater la présence de l'acide nitrique et celle de l'acide hydrochlorique dans une dissolution quelconque, même lorsqu'ils s'y trouvent en petite quantité. On remplace la lame de platine *a' b' c'* par une

lame d'or; puis l'on verse dans le bocal A une dissolution de sulfate de cuivre; dans le bocal A' et l'argile du tube *abc* une dissolution du composé, qui est censé renfermer les deux acides en état de combinaison avec les bases. Aussitôt que l'appareil commence à fonctionner, l'acide sulfurique chasse les deux acides de leurs combinaisons, lesquels se portent avec l'oxigène, qui provient de la réduction de l'oxide de cuivre sur le bout *a'* de la lame d'or; ce métal est aussitôt attaqué, et la couleur jaune de la dissolution qui se manifeste sur-le-champ indique la présence de l'acide nitrique et de l'acide hydrochlorique. Cette réaction s'obtient également en substituant aux bocaux des tubes d'une petite dimension; par ce procédé, toutes les parties des acides sont transportées au pôle positif et concourent à la production de l'hydrochlorate d'or.

Quatrième expérience. On remplit le bocal A d'une dissolution de sulfite de potasse, et l'on remplace la lame de platine *a' b' c'* par une lame de cuivre. L'extrémité *a'*, étant toujours le pôle positif, attire l'oxigène et l'acide nitrique; ce dernier décompose le sulfite et s'empare de la base; l'acide sulfureux se porte sur l'oxide de cuivre, qui se forme en même temps et se combine avec lui; le sulfite de cuivre se combine lui-même avec le sulfite de potasse; il en résulte un double sulfite, qui cristallise en beaux octaèdres, mais l'acide nitrique continuant toujours à arriver, finit par décomposer ce double sulfite: il se dégage alors du gaz acide sulfureux; le sulfite de potasse est transformé en bisulfite et en nitrate de potasse. Quant au sulfite de cuivre, il se

précipite en cristaux octaèdres, transparens, d'un rouge vif.

Les faits, qui ont été présentés succinctement dans cet exposé, doivent suffire pour donner une idée de l'électrochimie et des avantages que l'on peut en retirer pour les sciences naturelles.

NOTICE

Sur la préparation mécanique du minérai de plomb de la mine d'Huelgoät, département du Finistère, et sur les moyens employés en 1827 pour en séparer la blende ;

Par M. NAILLY, ancien Élève des Écoles Polytechnique et des Mines.

Le minérai provenant de l'exploitation de la mine d'Huelgoät se compose de galène argentifère, de zinc sulfuré, de pyrite de fer, de quartz, de schiste, de grès, de grauwacke. Ces trois derniers minéraux font partie du toit ou du mur du filon, les trois autres au contraire en sont les élémens constituans.

On y trouve encore, mais accidentellement, des pyrites cuivreuses, du plomb carbonaté, du plomb phosphaté, ce dernier parfois en assez grande abondance, surtout à la crête.

La galène argentifère s'y rencontre très rarement en gros morceaux ; le plus souvent elle est disséminée, tantôt en grains fins, tantôt en petites veines dans le schiste, le quartz, qui renferment eux-mêmes de la blende et des pyrites de fer. Presque toujours la blende accompagne la galène ; on l'y voyait parfois tellement dominer dans certaines parties qu'on les mettait à part pour les traiter un jour comme minérai de zinc.

Dans les morceaux ainsi choisis, on ne distingue qu'avec beaucoup d'attention le plomb sulfuré : ce dernier s'y trouve en particules très

fines, presque toujours recouvertes à la surface d'une couche de blende qui les masque à la vue.

Les pyrites de fer forment aussi une partie notable du minérai, qui, sur cette usine, est soumis à la préparation mécanique; on est parvenu seulement, dans ces derniers temps, à séparer passablement ces deux sulfures du schlich, qui, jusque-là, en retenait beaucoup.

La crête de ce même filon, depuis le jour jusqu'à 100 mètres environ en profondeur (du moins dans la partie la mieux connue), renferme peu de galène; ce minéral s'y montre plutôt en rognons, en masses détachées, souvent interrompues, qu'en veines suivies: c'est le gisement habituel des phosphates, des carbonates de plomb, et surtout du minérai d'argent, connu sous le nom de *terre rouge*, minérai dans lequel on distingue facilement à la vue de l'argent natif et de l'argent muriaté.

Cette partie du filon peut, avec juste raison, être considérée comme un gisement d'argent susceptible d'une très grande exploitation, la veine de terre rouge ayant assez souvent une épaisseur de $0^m,30$ et même plus.

La puissance moyenne du filon est d'environ 3 mètres; celle de la veine métallique (galène) est de 5 à 6 centimètres, le plus souvent elle accompagne le toit.

La quantité de schlich prêt à fondre, que l'on retire, est environ les cinq centièmes en poids de celle soumise à la préparation mécanique.

Préparation mécanique.

Le minérai subit dans l'intérieur de la mine un premier triage grossièrement fait par quatre

enfans, qui desservent les ateliers de trente mineurs. Ils séparent à la main, après les avoir préalablement cassés, pour être sûrs qu'ils ne contiennent plus de galène, les gros morceaux de quartz ou de roches détachés du toit ou du mur; ils rejettent ainsi des pierres de nulle valeur, qui servent aux remblais ; le reste s'élève au jour.

Grilles anglaises.

Le minérai élevé au jour est jeté sur deux grilles anglaises, situées l'une à côté de l'autre : elles sont en fer ; leur forme est celle d'un rectangle, ayant 33 pouces sur 30 : les barres qui les composent ont 10 lignes carrées, leur écartement est de 3 lignes.

Cinq ou six enfans font le service de chaque grille : l'un d'eux, armé d'une pelle en fer, pousse successivement sous le courant d'eau, convenablement dirigé sur la grille, de petites portions de minérai ; il les agite, à diverses reprises, dans le sens de la longueur des barres ; il continue cette manœuvre jusqu'à ce que tout ce qui pouvait passer à travers la grille soit tombé dans le bassin situé dessous, et que le reste soit bien débourbé.

Les cinq autres enfans, placés en avant, tirent à eux le minérai ainsi lavé, le trient à la main et le classent par ordre de richesse, puis aussi suivant la grosseur des morceaux.

Ils séparent ainsi les morceaux riches, gros ou petits indistinctement; ce qui donne *le massif:*

1°. Les gros morceaux qui contiennent de la galène et qui sont destinés à être *schédés*, c'est à dire cassés à la main pour être triés de nouveau, forment la matière à *schéder;*

2°. Les morceaux de moyenne grosseur et pauvres, qui vont directement au bocard, constituent la matière à *bocarder ;*

3°. Toutes les pierres, de la grosseur d'une noix au plus, pour être traitées séparément par une opération à laquelle on donne le nom de *chicage :* telle est la matière à *chiquer ;*

4°. Des pierres où domine la blende;

5°. Des pierres qui ne renferment ni galène ni blende : c'est la matière de nulle valeur.

On a encore, par cette opération, deux autres produits : l'un, les sables qui passent à travers la grille, qui portent le nom de *sables bruts ;* l'autre, les vases entraînées par l'eau : elles sont reçues dans des bassins de dépôt : ce sont les *schlamms* des grilles anglaises.

Dans une journée de dix à onze heures, chaque grille traite de cette façon environ 4 mètres cubes de matières ; les enfans reçoivent de salaire de 35 à 40 centimes, suivant leurs forces.

Traitement du massif.

Le traitement du massif repose sur deux principes, dont on ne saurait contester la bonté :

1°. De soumettre au même travail des matières de même richesse, et, autant que possible, de même grosseur;

2°. De ne pas épargner la main-d'œuvre, surtout celle qui est à bas prix, comme celle des femmes et enfans, pour isoler autant que faire se peut les parties riches même de celles qui le sont un peu moins.

Le massif obtenu par le travail de la grille est loin d'être de même richesse et d'être séparé de toutes matières étrangères : il est livré à des en-

fans, qui examinent chaque morceau séparément, les brisent à l'aide de petits marteaux, rejettent les fragmens souillés de blende et classent les autres.

On obtient ainsi deux espèces de massifs, savoir : le riche et le pauvre.

Deux enfans font cette opération avec la plus grande célérité ; ils cassent et séparent ainsi, jour par jour, tout le massif fourni par les deux grilles. On ne saurait croire combien le travail subséquent en est facilité, et combien l'on diminue par ce moyen la perte inséparable de toute opération mécanique.

Ces enfans reçoivent 45 centimes par jour.

Le massif riche est cassé à la main par deux hommes armés de marteaux plats, ayant 4 pouces de large sur 7 de long et 15 lignes d'épaisseur, du poids de 5 à 6 kilogrammes; après, ils le passent à sec dans un crible métallique de 2 lignes de largeur de maille.

Ils reçoivent 40 centimes par chaque hectolitre de massif cassé, criblé, et conduit à la cuve, où il doit subir une seconde opération.

Elle consiste dans un criblage à la cuve exécuté par une femme travaillant avec un crible, d'une ligne et demie de largeur de maille. Une partie de la matière passe à travers, l'autre reste dessus. Cette dernière, que l'on désigne sous le nom de grenaille, est formée de morceaux de galène pure accompagnés de fragmens de pyrites, de quartz, de blende, etc.

Pour l'en purger, on repasse cette grenaille sur le même crible, ou, mieux, sur un crible à mailles un peu plus petites; on le charge aux deux tiers et on agite dans la cuve. On imprime d'a-

bord un mouvement circulaire, rapide et alternatif, de gauche à droite, et réciproquement de droite à gauche, cela pendant quelques secondes. Cette première opération entraîne d'abord toutes les parties ténues et visqueuses, qui, adhérant au minérai, l'empêchaient de se séparer des parties moins riches.

On achève leur séparation complète en imprimant au crible, sensiblement incliné en avant, un mouvement vertical oscillatoire de va-et-vient, qui, mettant en jeu les différentes pesanteurs spécifiques des fragmens désagglutinés, fait que la galène pure reste sur le fond du crible, tandis que tous les autres minéraux occupent le dessus.

La laveuse, sortant alors son crible de la cuve, enlève adroitement, avec un morceau de tôle enchâssé dans un manche en bois, tout ce qui est venu à la surface et le jette hors (c'est de la matière à bocard). Examinant alors ce qui reste dans le crible, si elle ne le trouve pas assez pur, elle recommence jusqu'à ce qu'elle obtienne de la grenaille bien nette. Ordinairement, deux tours sur le crible suffisent.

Tout le savoir-faire consiste dans la manière d'agiter convenablement le crible ; cette manœuvre, qui ne demande pas de force, exige un peu d'habitude.

Une seule femme peut ainsi cribler et mettre au net tout le massif que lui rendent quatre casseurs (12 à 14 hectolitres) ; elle reçoit 50 centimes par jour de dix heures.

Quant à la portion qui passe à travers le crible, on la lave immédiatement sur la caisse allemande.

Cette caisse est longue de 8 pieds 8 pouces ; sa

largeur est de 20 pouces, sa pente totale 6 pouces.

Elle porte à sa tête deux canaux : un qui lui fournit de l'eau, l'autre par lequel cette eau s'écoule quand on veut la diminuer ou l'ôter entièrement de dessus la caisse. La paroi verticale du bas est percée de trous situés à différentes hauteurs, pour donner écoulement à l'eau. La tête est surmontée par une espèce de caisse entièrement ouverte sur le devant, dans laquelle se met la matière à laver.

La caisse supérieure une fois chargée, l'ouvrier donne l'eau, en ayant bien soin de la faire arriver sur toute la largeur de la caisse et en nappe de même épaisseur. Les choses en cet état, il fait, avec son râble en bois, tomber une petite portion de minérai, et s'applique à l'étendre également dans le sens de la largeur, sans produire ni ressauts ni remous, nuisibles à la bonté du travail.

Les différentes substances entraînées par l'eau se déposent sur le fond de la caisse par ordre de pesanteurs spécifiques; les plus légères, celles qui contiennent moins de galène, se déposent en bas; celles qui sont un peu plus riches au milieu, et enfin le schlich pur reste à la tête.

Les vases sont entraînées par l'eau, qui les conduit dans des bassins de dépôt.

Il ne faut pas croire que la séparation se fait du premier coup : l'ouvrier ramène plusieurs fois à la tête de la caisse la portion à épurer; il la soulève de temps à autre, de façon à l'exposer au choc de la veine fluide, qui l'entraîne de nouveau pendant que, de son côté, il cherche encore à l'étendre le plus également possible.

Après avoir répété cette manœuvre deux ou

trois fois, il fait tomber une nouvelle portion, qu'il traite comme la précédente, et ainsi de suite jusqu'à ce que la caisse allemande soit aux trois quarts pleine. Alors il divise en trois parties égales la matière : ainsi préparée, le premier tiers est regardé comme schlich pur, le deuxième est mis à part pour être de nouveau lavé sur la même caisse.

Le troisième et dernier tiers renferme la grosse grenaille pauvre, la grenaille d'une grosseur moyenne et aussi moyennement riche, les parties fines qui étaient trop lourdes pour être entraînées par l'eau. Tous ces élémens, de volume et de richesse différens, sont repris à la cuve, sur un crible d'une demi-ligne, et donnent ainsi deux produits, l'un restant sur le crible, l'autre passant à travers.

Le premier est traité en grenaille sur le crible d'une demi-ligne; il donne du schlich pur et de la matière à bocard.

Le second est lavé sur une caisse allemande ne différant en rien de celle ci-dessus décrite, si ce n'est par une pente beaucoup moindre; le lavage s'y fait parfaitement, le criblage ayant séparé les parties grossières qui auraient gêné le travail ; on donne un ou deux tours, puis on divise en deux parties : l'une, celle d'en haut, est regardée comme schlich pur ; l'autre, celle du bas, formée de parties fines, est lavée sur les tables-jumelles.

A la suite des caisses allemandes se trouvent des bassins de dépôt pour recevoir les bourbes entraînées par l'eau.

Traitement du massif pauvre.

Le traitement du massif pauvre s'exécute comme celui du massif riche, seulement on donne pour la mise au net plus de tours sur la caisse allemande.

Observations. Au lieu de casser le massif à la main, on pourrait certainement avec avantage se servir de machines, plutôt de cylindres en fonte cannelés que de pilons, ces derniers ayant l'inconvénient de donner, d'une part, une poussière beaucoup trop fine et en même temps de trop gros fragmens.

Ce moyen pourrait convenir si l'on avait une grande quantité de massif, ce ne saurait être ici le cas; deux hommes cassent régulièrement chaque jour tout le massif qui sort de la mine.

Le laveur à la caisse allemande reçoit 75 centimes par jour.

Traitement de la matière à schéder.

Les gros morceaux qui retiennent du minérai forment la matière à schéder; ils sont cassés en fragmens de la grosseur d'œufs au plus par des hommes armés de petites masses, semblables à celles dont se servent les ouvriers qui brisent les pierres sur les grandes routes. Ils doivent, autant que possible, éviter de frapper sur le minérai, tout en cherchant à séparer les parties riches et pauvres, comme c'est aussi de leur intérêt d'après les prix qu'ils reçoivent.

On obtient, par ce procédé, du massif de la matière à bocard et des pierres de nulle valeur.

Les schédeurs reçoivent 2 francs 25 centimes par mètre cube de massif, autant par mètre cube

de pierres de nulle valeur, et deux francs seulement par mètre cube de matière à bocard.

On doit les surveiller attentivement, examiner avec soin ce qu'ils rendent comme pierres de nulle valeur.

Traitement du chichage.

Le chichage, comme nous le savons déjà, est formé de morceaux à peu près identiques pour la grosseur mais non pour la richesse. Pour les séparer, on les traite à la cuve sur un crible de 2 lignes et demie; le travail s'exécute comme pour la mise au net de la grenaille, et l'on obtient trois produits, des pierres de nulle valeur qui s'enlèvent à la main, de la matière à bocard, et enfin de la matière un peu plus riche.

Ce dernier produit est une seconde fois repris sur le même crible, et séparé en deux autres, savoir : de la matière à bocard et du massif pauvre.

Traitement des sables bruts.

Les sables bruts sont formés de tout ce qui passe à travers les grilles anglaises; ils renferment donc des parties de grosseur et de richesse bien différentes : ce sont des bourbes visqueuses, des fragmens très fins de galène, des morceaux de quartz, schistes, etc., retenant du plomb sulfuré : en général, ils sont très pauvres; leur travail a pour but deux choses, 1°. de les classer suivant leur grosseur, 2°. suivant leur richesse.

A cet effet, on les traite à la cuve sur un crible de 2 lignes : les plus gros morceaux restent dessus; ils sont mis à part et mélangés avec le chichage.

Les sables fins, les bourbes passent à travers

les mailles (toutefois cependant une portion des bourbes est entraînée par l'eau, qui se renouvelle sans cesse dans la cuve).

Ces matières fines sont de nouveau reprises sur un crible d'une ligne et demie; ce qui reste dessus est, sur le même crible, traité en grenaille et rend du massif en petite quantité et de la matière à bocard.

Ce qui passe à travers la maille est lavé à grande eau sur une caisse allemande, longue de 8 pieds $\frac{1}{2}$, large de 20 pouces, ayant 8 pouces de pente. On donne deux ou trois tours, en ayant soin, à chaque fois, de séparer en deux, et par portion égale dans le sens de la longueur, ce qui s'est déposé sur le fond de la caisse; le bas est regardé comme matière à bocard.

Le haut, plus riche, est repris et concentré sur la même caisse jusqu'à ce qu'il soit arrivé à peu près au même degré que le massif qui vient d'être cassé : alors, pour le mettre au net, on lui fait subir des opérations analogues.

Il sera donc traité sur un crible d'une ligne à une ligne et un quart, ce qui donnera,

1°. De la grenaille, qui se met au net sur le même crible;

2°. Des matières, qui traversent la maille, et qu'on lave sur la caisse allemande du massif riche; elles y reçoivent deux ou trois tours, mais jamais moins de deux.

Après chaque tour, on divise le dépôt en deux portions égales dans le sens de la longueur; la première moitié est destinée à recevoir encore un tour pour être mise au net, la seconde est toujours immédiatement conduite au bocard.

La première cribleuse, celle qui se sert du cri-

ble de 2 lignes, traite 1 mètre cube et demi de sables bruts ; elle travaille à la journée, et reçoit 50 centimes.

La seconde, celle qui se sert du crible d'une ligne et demie, traite 1 mètre cube et reçoit le même salaire.

Traitement de la matière à bocard.

La matière à bocard, tant celle qui s'obtient directement des grilles anglaises que celle rendue par les diverses opérations dont il vient d'être parlé, offre des morceaux qui, pour la grosseur, varient depuis celle du poing jusqu'à celle du sable. Sa nature, sa richesse sont aussi très variables ; d'habitude, elle est pauvre, tenant beaucoup de blende.

Le quartz y domine ; toutefois cependant, elle renferme assez de schiste pour que les schlamms soient visqueuses, les sables des pilons ne l'étant pas.

Avant de la soumettre à l'action du bocard, elle a été, comme nous l'avons vu, divisée en deux parties : la première comprend les morceaux qui ne sont pas par trop blendeux, et cependant ils le sont encore ; la deuxième, au contraire, comprend les morceaux les plus mélangés de blende ; parfois, ils en contenaient une si grande proportion que, depuis plusieurs années, on les mettait non plus au rebut comme avant, mais à part pour les traiter un jour comme minérai de zinc. Aujourd'hui, par des changemens très simples dans le travail sur les tables-jumelles, on en retire avec avantage des schlichs aussi purs que ceux rendus par les meilleures matières de la mine.

Traitement de la première partie.

Elle est soumise à l'action d'un bocard menant quatre batteries de trois pilons chacune : le poids de la flèche et pilon est de 135 kil., celui du pilon en fonte étant de 50 kilog. ; ils frappent dans une auge faite, comme d'ordinaire, de madriers en bois, et dont le devant est fermé par une toile métallique en laiton, ayant une ligne et un quart de largeur de maille.

La hauteur de la levée varie entre 30 et 40 centimètres, suivant que la matière est plus ou moins dure ou que l'on désire avoir des sables plus gros ou plus fins.

Le minérai se trouvant ici très divisé dans une gangue dure, on est le plus souvent obligé de bocarder assez fin : c'est un inconvénient ; car, pour de la galène, qui se réduit facilement en poussière extrêmement ténue, facilement entraînée par l'eau, des sables de grosseur moyenne conviennent mieux.

Avant de jeter les différentes matières sous les pilons, on les mélange de façon à ce que les gros morceaux soient pêle-mêle avec les moyens et les menus. Si, négligeant cette précaution, on jetait seulement le menu, il s'écraserait avec la plus grande lenteur; tandis que si, d'un autre côté, on ne mettait que les gros morceaux, ils useraient les pilons très vite et déchireraient les toiles métalliques.

En avant de chaque batterie est un petit bassin où se déposent les matières les plus grosses et les plus lourdes, ce sont les sables du bocard ; après quoi, les eaux se rendent en commun dans une suite de bassins plus grands, surtout très

longs, où ils laissent déposer les schlamms, qui se classent naturellement en schlamms n°. 1 et schlamms n°. 2, suivant la série de bassins qui les reçoivent.

C'est une question économique importante, facile à résoudre et à laquelle on ne fait pas toujours assez d'attention, que la détermination du nombre et de l'étendue des bassins de dépôt d'un bocard. Cette question est intimement liée avec la bonté du lavage sur les tables-jumelles, celle-ci étant supposée la meilleure possible, la solution dépendra seulement de la richesse du minérai. On devra recueillir toutes les schlamms qui donneraient le moindre bénéfice, en défalquant de leurs produits les frais de fonte, de lavage et la partie des frais généraux qui les concernent.

Il arrive sur la roue du bocard de 15 à 16 mètres cubes d'eau par minute; elle fait de seize à dix-sept tours : à chaque révolution, les pilons sont soulevés et retombent trois fois. En vingt-quatre heures, on écrase 5 mètres cubes de matières.

10 mètres cubes de matières ainsi bocardées rendent assez ordinairement 6 mètres cubes et demi de sable, $2^{m},20$ mètres cubes de schlamms; le reste, formé des parties terreuses et aussi des parties trop fines de minérai, est entraîné par l'eau.

Lavage sur les tables-jumelles.

Toutes les matières (sables et schlamms), rendues par le bocard, sont lavées sur les tables-jumelles, afin d'en retirer le schlich qu'elles contiennent.

La longueur, la largeur, la pente et la quantité

dont on charge les tables ne sont pas indifférentes; c'est dans la bonté de leurs rapports avec la nature du minérai que repose un bon lavage.

Si l'on avait à bâtir à neuf un atelier de lavage, on pourrait déterminer toutes ces choses, puis coordonner sa construction en conséquence; mais le plus souvent les laveries existent sur les usines : des considérations principales ou secondaires (qui ne cèdent pas toujours devant un intérêt bien entendu) commandent de les laisser dans leur état primitif. Que faire dans ce cas? Chercher les élémens qui peuvent varier, et s'efforcer de les mettre avec ceux auxquels on ne saurait toucher dans une relation convenable aux meilleurs résultats possibles.

Les élémens invariables sont, dans ce cas, la longueur et la largeur des tables; les autres, la pente et le volume de la charge.

Ces essais, je les ai faits en 1827 à la mine d'Huelgoät; la longueur des tables était de 16 pieds et demi, leur largeur de 30 à 32 pouces, leur pente, beaucoup trop forte, 9 lignes par pied pour les tables des sables, 8 pour les tables des schlamms, et la charge, pour toutes indistinctement, de 38 litres.

On a d'abord déterminé, par des essais successifs et pour une charge donnée, quelle était la pente la plus convenable, nous avons trouvé, pour les tables des sables 6 lignes et demie par pied, 5 lignes et demie pour celles des schlamms.

Avant d'aller plus loin, je ferai remarquer que, toutes circonstances égales d'ailleurs, la pente des tables ne saurait être la même pour deux minérais de nature différente : celle qui conviendrait le mieux à une bonne séparation pour l'un

ne remplirait pas toujours la même condition pour l'autre.

En général, si les sables et schlamms, mais surtout ces dernières, ne sont ni tenaces ni visqueuses, une pente faible convient; si elles le sont au contraire, une pente un peu plus forte est préférable, non pour retirer une plus grande quantité de schlich, mais pour en retirer, compensation faite de la perte, aux moindres frais possible.

Il nous restait après cela à faire varier le volume des charges et à comparer les résultats: parmi les essais assez nombreux que nous avons tentés à cet égard, nous rapporterons seulement les suivans, suffisans pour éclairer la question.

Tableau des expériences faites, en 1827, à la mine d'Huelgoät, pour déterminer les volumes des sables ou schlamms à traiter à la fois sur les tables-jumelles pour en retirer le plus de schlich et en même temps le schlich le plus net possible.

Capacité de la caisse en litres.	N°. de la série.	Quantité lavée en douze jours en litres.	Total du schlich obtenu en kilo.	Prix des douze jours de travail.	Total du produit qu'aurait donné la petite caisse si on avait lavé la même quantité qu'avec la grande.	Prix du lavage dans ce cas.	Différence dans les produits.	Différence dans le prix du lavage de 100 kil. de schlich.
				Sables du bocard.				
lit.		lit.	kil.	fr.	kil.	fr.	kil.	fr.
38	1	7752	485	4,80	»	»	»	»
28		6720	488	4,80	562,95	5, 53	77,94	0,13
38		7752	534	4,80	»	»	»	»
28		6720	543	4,80	623	5, 53	9,00	0,12
28	2	6720	544	4,80	»	»	»	»
20		5040	474	4,80	632,00	6, 40	98,00	0,25
28		6720	575	4,80	»	»	»	»
20		5040	471	4,80	628,00	6, 40	53	0,25
				SCHLAMMS N°. 1.				
38	3	5016	286	4,80	»	»	»	»
28		4032	292	4,80	363,30	5, 97	77,30	0,32
38		5016	322	4,80	»	»	»	»
28		4032	325	4,80	404,30	5, 97	82,30	0,29
20	4	2640	300	4,80	»	»	»	»
15		2160	292	4,80	356,90	5, 86	59,90	0,29
20		2640	292	4,80	»	»	»	»
15		2160	257	4,80	314	5, 86	22	0,33
20		2640	309	4,80	»	»	»	»
15		2160	302	4,80	369,10	5, 86	60,10	0,29
				SCHLAMMS N°. 2.				
20	5	2880	104	4,20		»	»	»
15		2340	102	4,20	125,50	5, 17	21,50	0,78
20	6	2880	115	4,20	»	»	»	»
15		2160	110	4,20	146,70	5, 60	29	0,96
20		2280	144	4,20	»	»	»	»
15		2160	130	4,20	178	5 ,60	29	0,71

Si maintenant nous désignons, dans chaque série d'expériences, par P^{38}, P^{28}, P^{20}, P^{15} les produits en schlich des charges de 38, 28, 20 et 15 litres, nous aurons, en prenant les moyennes des nombres ci-dessus, les proportions suivantes :

Série n°. 1. $P^{28} : P^{38} :: 117 : 100$
Série n°. 2. $P^{20} : P^{28} :: 113 : 100$ }. Multipliant

ces deux proportions termes à termes, et supprimant les termes communs, nous avons

$$P^{20} : P^{38} :: 117 \times 113 : 100 \times 100 : 132 : 100$$

et la différence dans le prix du lavage de 100 kil. de schlich serait de $0^f,38$ au désavantage de la petite caisse.

Série n°. 3. $P^{28} : P^{38} :: 127 : 100$
Série n°. 4. $P^{20} : P^{28} :: 115 : 100$ }, d'où il résulte :

$$P^{20} :: P^{38} : 127 \times 115 : 100 \times 100 :: 146 : 100;$$

différence dans le prix, $0^f,62$.

Nous négligerons pour le calcul la série n°. 5; comparée avec la série n°. 6, elle fait voir que non seulement il y a de l'avantage à se servir de petites charges, mais encore à mettre plus de temps à laver chacune d'elles.

Série n°. 6. $P^{15} : P^{20} :: 123 : 100$, et la différence de prix pour 100 kil. est $0^f,84$.

Il est probable que si l'on eût essayé l'emploi de la caisse de 15 litres pour les schlamms n°. 1, elle aurait eu de l'avantage sur celle de 20 lit., et

que cet avantage eût été dans le rapport de 139 à 100.

Il est d'ailleurs bien entendu que tous les schlichs rendus par des caisses différentes étaient ramenés à la même teneur en plomb.

Les expériences n'ont pas été poussées sur des mesures de capacité moindres que 15 litres; il me paraît certain toutefois que des volumes plus petits eussent donné de meilleurs résultats. Il eût sans doute été curieux d'en chercher la limite; elle dépend nécessairement de l'augmentation de main-d'œuvre, qui va croissant à mesure que décroissent les volumes de charges; de l'augmentation du matériel, tel que tables et bâtimens, de la plus grande quantité d'eau nécessaire; de la surveillance plus difficile, de la détérioration des outils, etc., toutes considérations secondaires et peu dispendieuses.

Il en est cependant deux du plus grand poids: la première paraît résulter de ce principe généralement admis, que sur les tables-jumelles le dépôt de la substance métallique est singulièrement facilité par celui d'une première couche, qui se fera évidemment d'autant plus vite qu'il se trouvera sur les tables une plus grande proportion de substance métallique, ou, ce qui revient au même, que le volume de la charge sera plus grand.

La seconde, que, dans un atelier de préparation mécanique pour le traitement de la galène, les produits du bocard doivent être lavés à mesure qu'ils se forment, condition sinon difficile à remplir, du moins peu facile à coordonner avec l'ordre, ce dernier demandant toujours le même

nombre d'ouvriers faisant le même travail, règle dont il faudrait s'écarter.

En effet, lorsque des sables ou schlamms, mais particulièrement des sables plus perméables à l'air, y restent quelque temps exposés, une partie du sulfure de plomb, surtout quand la température est élevée, se transforme en sulfate d'une ténuité telle qu'on ne saurait le retenir sur les tables, d'où résulterait une perte plus grande que le bénéfice obtenu par la diminution du volume des charges, si l'on n'augmente de beaucoup le nombre des laveuses.

Pour tirer, à la mine d'Huelgoät, le plus grand avantage possible de ces résultats, il aurait fallu, surtout en hiver (le bocard travaillant jour et nuit, c'est à dire le même nombre d'heures qu'en été), doubler le nombre des tables, la journée de la laveuse variant de quatre heures dans ces deux saisons.

Cette augmentation de tables, si nécessaire, ne pouvait avoir lieu, du moins pour le moment, et je doute qu'elle existe aujourd'hui. Je me contentai donc de me servir de la caisse de 28 litres pour les sables, de celle de 20 pour les schlamms n°. 1, et de celle de 15 pour les schlamms n°. 2. Auparavant, toutes ces matières étaient lavées avec la caisse de 38 litres.

On ne saurait croire non plus combien le petit volume de la charge facilite la séparation de la blende d'avec la galène, surtout si l'on a soin de donner aux tables une pente convenable et de fractionner les différens dépôts : c'est de l'emploi de ces trois moyens, concurremment avec celui des tables très longues, comme nous

le verrons bientôt, auxquels je dois d'avoir, à la mine d'Huelgoät, séparé, je ne dis pas entièrement, mais la plus grande quantité du sulfure de zinc accompagnant le sulfure de plomb.

Résultats économiques.

La meilleure discussion que je puisse faire des expériences ci-dessus est d'en montrer le résultat sur la préparation mécanique du minérai d'Huelgoät; il est pour cela indispensable de fixer sa valeur en argent.

100 kil. de schlich des minérais d'Huelgoät contenaient, avant la nouvelle méthode de lavage, de 0,50 à 0,52 de plomb; aujourd'hui, ils en contiennent de 0,58 à 0,60, et, de plus, 130g. d'argent. Ils rendent moyennement, à la fonte, 55 kil. de litharge et 125g. d'argent.

	fr.
55 kil. litharge, à 60 fr. le cent, valent. . . .	33
125 gr. argent, à 220 fr. le kilog., valent. . . .	27,50
TOTAL.	60,50
Retranchant les frais de fonte et coupellation, estimés.	7,60
Il reste, pour la valeur nette de 100 kilog. de schlich.	52,90

Les sables du bocard, pour les lavages desquels on employait la caisse de 58 litres, rendaient ordinairement par an :

60,000 kil. de schlich, valant en argent. . .	31,740
Avec la caisse de 28, ils rendraient 70,200 kil. de schlich, coûtant en plus de main-d'œuvre 267 fr. Leur valeur est donc 37,135 — 267 =	36,868

Le bénéfice est donc 5,128 fr.

Avec caisse de 38 litres, les schlamms n°. 1 rendent par an 48,000 kil. de schlich, valant.	25,392

Avec caisse de 20 litres, ils rendraient 70,000, valant. . . . . fr. 37,030

Il y a 217 fr. d'excédant de main-d'œuvre; leur valeur est. 36,813

D'où bénéfice 11,421 fr.

Schlamms n°. 2, lavées avec caisses de 38 litres, rendent, par an, 19,200 kil. de schlich, valant en argent. 10,156

Si nous admettons seulement la proportion $P^{15} : P^{28} :: 146 : 100$, nous trouvons que la caisse de 15 litres rendrait 28,032 kil., valant 14,827 francs, et coûtent 235 francs de plus en main-d'œuvre. Leur valeur devient 14,592 : d'où bénéfice net 4,436.

La somme des bénéfices réunis est donc de 20,985 francs.

Si nous nous fussions servis, pour le lavage des sables, de la caisse de 20 litres au lieu de celle de 28, le bénéfice total aurait encore augmenté d'une quantité notable.

Je ne compte pas là-dedans le bénéfice provenant de ce que la richesse du schlich avait été relevée de 0,48 à 0,58 en plomb : cela tient à la séparation de la blende, qui n'est pas toujours une conséquence immédiate de la charge.

Il aurait sans doute été convenable de laver les schlamms n°. 1, en portant la charge seulement à 15 litres; nous savons quelle cause nous en a empêché.

Je suis entré dans ces détails pour montrer combien les plus petites circonstances peuvent avoir d'influence dans les opérations mécaniques qui s'exécutent sur des masses, et combien il est important de les étudier dans tous leurs rapports.

Je suis aussi convaincu que si l'on se servait de tables plus larges et plus longues, le volume des charges pourrait augmenter sans inconvénient, et même serait avantageux.

Lavage des schlamms.

Les tables pour le lavage des schlamms portent, à leurs extrémités supérieures, une petite caisse formée par trois planches hautes de 2 pouces à 2 pouces et demi; sous leurs extrémités inférieures sont quatre bassins : 1°. celui des rebuts; il est assez incliné pour que ces derniers soient entraînés par les eaux de lavage; 2°. celui des matières à relaver; sa pente est très faible; 3°. celui de la blende; 4°. celui du schlich pur, tous deux sans pente aucune.

Le travail se divise naturellement en trois parties : le débourbage, le lavage, la mise au net.

Débourbage. Après avoir mis, dans la petite caisse qui se trouve à la tête de la table, la charge de schlamms convenable, la laveuse l'agite doucement avec un râble en fer. Dans la crainte de perdre du schlich, elle fait arriver très peu d'eau et met en outre à l'extrémité inférieure de la table une petite hausse en bois. Cette disposition force l'eau qui vient sur la table à se mettre au niveau de cette hausse avant de s'écouler par dessus; il en résulte, à l'endroit même où se rendent les matières entraînées avec les bourbes, une nappe d'eau, qui demeurerait en repos si elle n'était constamment agitée par celle arrivant à chaque instant : de là naît un mouvement d'ondulations continues, qui produit en quelque sorte l'effet d'une table à secousses. Le débourbage se fait beaucoup mieux, et les parties vaseuses

seules passent par dessus le petit taquet d'arrêt. L'opération se continue jusqu'à ce que toute la charge soit amenée de la caisse sur le haut de la table.

Lavage. Après le débourbage, le travail se fait avec le râble en bois; il consiste à ramener à diverses reprises les matières répandues dessus la table, à les y étendre uniformément, en les soumettant au courant d'eau, dont on accélère ou retarde la vitesse. Pendant cette partie de l'opération, on laisse couler les eaux troubles dans le bassin des rebuts. Quand, ce qui arrive bientôt, les produits commencent à se concentrer, les eaux troubles sont reçues dans le bassin des matières à relaver.

Mise au net. La galène commence-t-elle à s'apercevoir facilement, surtout à la tête de la table, la laveuse quitte le râble pour le balai; elle le promène légèrement à la surface du dépôt, de façon à l'effleurer et à déterminer le départ des parties pierreuses qui occupent le dessus. En continuant ce manége, et remontant sans cesse ce qui descend au bas de la table, elle parvient bientôt à n'avoir plus, ou du moins pour la plus grande partie, que de la galène, de la blende et un peu de pyrite de fer.

Autrefois le lavage s'arrêtait là; cependant on chassait encore un peu de blende, en maniant le balai avec beaucoup de précaution, mais toujours avec perte de galène.

Seulement une fois, en 1819, je crois, on voulut tenter la séparation complète du sulfure de zinc : pour y parvenir, on soumit de nouveau le schlich obtenu par un premier lavage à un second, exécuté sur les mêmes tables et d'une ma-

nière conforme en tout point au premier : par ce moyen, on releva bien, il est vrai, la teneur du schlich ; mais la perte occasionée était de 30 pour 100 de la matière relavée : on aurait pu prévoir ce résultat, et on en resta là.

Dans ces dernières années 1826 et 1827, l'exploitation ayant lieu dans des galeries plus profondes, le minérai renfermait encore une plus grande proportion de blende. Les difficultés à la fonte augmentaient en raison composée de la quantité de sulfure de zinc et de la diminution de la teneur en plomb. (Chacun sait, en effet, combien la blende nuit au traitement de la galène, et surtout à celui des résidus provenant de la fonte au fourneau à réverbère ; les pertes en plomb sont énormes, les fourneaux s'engorgent, la dépense en combustible est considérable.) En outre, le prix des plombs baissait de jour en jour ; tout semblait concourir à rendre plus dispendieuse et moins productive cette branche d'industrie : c'était en ce moment une condition de première nécessité de chercher à purger le minérai de la blende qu'il renfermait.

On y est parvenu par un procédé aussi simple que peu coûteux ; il consiste simplement à fractionner le dépôt de schlich qui se fait sur la table, à classer les différentes parties suivant leurs richesses ; puis, enfin, à retraiter convenablement celles renfermant de la blende, dans le but de la séparer.

Ainsi donc, la laveuse, après avoir concentré le schlich au point où jadis on le mettait à part pour le livrer à la fonte, n'en reste plus là ; elle le remonte au contraire tout au haut de sa table pour lui faire subir, je ne dis pas un second la-

vage, mais plutôt une classification par ordre de richesse. Elle se sert du balai seul, en le promenant légèrement à la surface du schlich; à chaque coup, elle détache de la blende et un peu de galène, qui sont entraînées et se déposent entièrement sur la table par ordre de pesanteur. En continuant ainsi, et remontant souvent sa charge, elle arrive bientôt au point où le schlich s'est divisé en deux portions occupant deux parties bien distinctes sur la table.

Celle qui occupe le bas (A) renferme presque tout le sulfure de zinc, le quartz, et du sulfure de plomb en quantité notable.

L'autre, située au milieu, est composée de galène pure avec trace de blende et de quartz; elle est mise à part pour les fonderies. Sa teneur en plomb est de 0,60 à 0,63.

La question aurait donc été résolue si l'on avait pu séparer toute la galène contenue dans la partie (A) : dans ce but, j'essayai de la laver sur une table longue de 21 pieds, large de 34 pouces (c'est la plus grande largeur avec laquelle une laveuse puisse commodément travailler). La pente était de 6 lignes par pied, la charge de 15 litres.

Sur cette table, le travail se fit d'une manière un peu différente que sur les autres; on ne saurait trop la décrire. Elle consiste particulièrement à se servir du balai avec adresse et légèreté, à communiquer à l'eau une série d'oscillations telles que celles qui pourraient lui être imprimées par un mouvement de va-et-vient très lent et point brusque du tout. On ne peut mieux comparer l'effet produit qu'à celui des vagues, qui, constamment poussées et repoussées sur le rivage, mettent

grossièrement au net les sables métallifères qui s'y trouvent.

Quoi qu'il en soit, avec un peu d'habitude, la séparation s'exécute très bien, toute la blende se rend au bas de la table, la galène restant à la partie supérieure.

Il est vrai de dire que le schlich obtenu par cette méthode n'est pas tout à fait aussi pur que le précédent; il rend seulement 0,56 à 0,58 de plomb, et il faut trois quarts d'heure pour laver la charge de 15 litres.

Quant à la blende, elle renferme un peu de quartz et seulement trace de galène, des essais multipliés n'ayant jamais donné plus de 0,03 à 0,04 de plomb.

Ce procédé de lavage est singulièrement facilité par le peu de volume des charges; il est des plus simples et des plus économiques, une seule laveuse pouvant relaver les résidus blendeux de quinze autres.

Ses avantages sont de donner une plus grande quantité de schlichs, d'en donner de plus riches, d'économiser les frais de fonte, de prévenir les engorgemens des fourneaux, et surtout de diminuer la perte au fondage.

Lavage des sables du bocard.

Il diffère peu de celui des schlamms, seulement il est plus facile; les sables sont un peu plus riches, moins tenaces, mais, en revanche, ils renferment plus de blende. Pour laver une charge de 28 litres, il faut de trente-deux à trente-cinq minutes.

Pour une charge de schlamms de 20 litres, il faut de quarante à quarante-cinq minutes.

Je ne dirai rien sur le lavage des schlamms n°. 2, il se fait comme celui des schlamms n°. 1; seulement, les schlichs qu'on en retire étant moins riches (0,45 de plomb), il serait bon de le mettre à part pour le fondre séparément.

Remarque. Toutes les fois que nous avons indiqué la teneur en plomb ou argent des schlichs, l'essai avait été fait par voie sèche et sur poids humide, c'est à dire que 100 kil. schlichs, eau comprise, rendent 0,60 de plomb. Nous avons aussi toujours donné une moyenne entre tous les résultats.

Bocardage et lavage de la matière blendeuse.

Nous avons vu précédemment qu'avant de soumettre la matière à bocarder à l'action des pilons, on séparait avec soin celle qui renfermait beaucoup de blende : on avait, par ce moyen, ramassé, pendant plusieurs années, un énorme tas de morceaux blendeux. On se proposait même de les traiter un jour comme minérai de zinc.

On savait bien à l'avance que ces morceaux tenaient de la galène souvent en si petite quantité qu'on ne pouvait, tant le mélange était intime, le distinguer à l'œil; mais jamais on n'avait soupçonné qu'ils pussent supporter les frais de préparation mécanique, si l'on ne trouvait en même temps à se défaire avantageusement de la blende.

Les choses en étaient là, et le tas croissait chaque jour, quand il me vint à l'idée d'essayer sur lui le mode de séparation ci-dessus décrit.

Cette matière fut donc jetée sous le pilon et bocardée à l'ordinaire : on recueillait seulement

les sables et schlamms n°. 1, le reste s'en allait à la rivière. Ces sables et schlamms furent lavés et relavés sur les tables-jumelles, et rendirent des schlichs tenant 0,58 de plomb et 140g. d'argent.

La blende provenant de ce travail donnait, à l'essai, de 0,03 à 0,04 de plomb.

Résultats économiques.

10 m. cub., bocardés et lavés, rendirent schlich, 226 k. à raison de 56 fr. les 100 kil. 148f96.

Pour être bocardés, les 10 mètres cubes coûtèrent, tous frais compris.	50 fr.
Pour le lavage des sables.	4
Pour le lavage des schlamms.	6,3
Entretien des tables et outils.	0,7
	61,0

Il y aurait donc un bénéfice de 87,96, ou 8 francs 80 centimes de bénéfice par mètre cube.

On a négligé à tort de peser la quantité de blende retirée dans ce travail, sa valeur augmenterait d'autant le bénéfice.

Je terminerai ce que j'avais à dire ici sur la préparation mécanique du minérai d'Huelgoät, en faisant connaître quelle est la quantité d'eau dépensée par une table travaillant avec une charge de 28 litres.

Au commencement du lavage, la dépense d'eau n'est pas moindre que 14 litres par minute; sur la fin, elle se réduit à 6 ou 7.

La moyenne serait donc de 10 à 11 litres: telle est la quantité d'eau sur laquelle il faudra compter pour un atelier dans lequel jamais les lavées des différens produits, tels que sables et schlamms, ne se trouvent commencer et finir au même instant.

Le mode de lavage sur de grandes tables avec de petites charges, surtout en fractionnant les divers produits, a été très avantageusement employé par M. Garran en 1828, pour séparer l'argent de sa gangue.

Le minérai d'argent d'Huelgoät est principalement formé d'hydrate de fer, de quartz, de pyrite de fer, d'argent natif, d'argent muriaté probablement d'argent sulfuré; il contient accidentellement du plomb sulfuré, carbonaté et du plomb phosphaté. Sa richesse en argent fin est de 0,001 à 0,0012.

On a pu, par le lavage, le concentrer de façon à obtenir des produits renfermant de 0,01 à 0,04 et plus d'argent, les résidus en contenant seulement 0,00008 à 0,0001.

On aurait pu tirer un très grand parti de ce mode de traitement, bien supérieur à la fonte directe suivie jusqu'alors, et peut-être, du moins pour certaine partie du minérai, comparable à l'amalgamation.

Il est bien entendu que le minérai d'argent était bocardé avant d'être lavé.

OBSERVATIONS

Sur l'influence de la qualité du coke dans le traitement des minérais de plomb aux fourneaux à manche;

Par M. J. FOURNET,

Directeur des mines et fonderies de Pont-Gibaut.

Karsten, dans ses *Recherches sur les substances charbonneuses du règne minéral* (traduction de M. Héron de Villefosse, *Annales des Mines*, tome XIII, 4e. livraison), « assure que, jusqu'à » présent, il n'a pas reconnu que le mélange d'une » grande quantité de pyrite ait rendu une houille » incapable d'être convertie en coke, et les cokes » qui en proviennent incapables d'être employés » dans les travaux métallurgiques, par le motif » que leur teneur en soufre aurait exercé une » influence trop désavantageuse sur la qualité du » produit à obtenir. »

Il importe trop de rectifier cette opinion, émise par un si célèbre métallurgiste, pour que je ne m'empresse pas de faire connaître divers faits contraires à cette assertion, et je dis qu'un combustible physiquement semblable à tel autre, et d'ailleurs aussi pur relativement au poids des cendres qu'il renferme, peut être fort mauvais rien qu'en vertu de sa teneur en soufre.

Dans la plupart des usines où l'on s'est occupé d'essais pour la substitution du coke au charbon de bois pour le traitement de la galène, comme à Villefort, à Holzapfel (Nassau), au Hartz, etc.,

on a constaté de suite une perte en plomb plus ou moins forte: en sorte que la question de la fonte au coke, qui est d'ailleurs sans aucune difficulté réelle pour un fondeur intelligent et de bonne volonté, est entièrement financière, et il faudra toujours balancer la valeur du métal vaporisé avec la dépense en combustible, pour s'assurer si ce dernier mode de traitement offre de l'avantage.

Si le charbon de bois est à bon compte, il sera presque toujours préféré comme moins sujet à diminuer les produits; je dis presque toujours, car la perte en plomb par le coke ne tient pas uniquement à l'excès de température qu'il produit, ni à la masse des cendres, ni à la nécessité de donner un vent plus énergique, comme on le suppose généralement, mais aussi en majeure partie à une nature plus ou moins sulfureuse. En effet, les brillans résultats obtenus à Tarnowitz, par la précipitation avec le fer, font voir clairement que, dans ce procédé, où l'on fond sans nez et à gueulard enflammé, la vaporisation due à la haute température que l'on recherche est à considérer comme peu importante; tandis que, de mon côté, ayant calqué, pour ainsi dire, ce procédé pour traiter une galène très pure, en grains comme celle de Tarnowitz, je ne pus obtenir un rendement supérieur à 52 p. 100 en plomb, et il se produisait une énorme quantité de matte semblable à la galène, tellement la décomposition avait été imparfaite. J'ai répété, à deux reprises, l'essai avec une réussite semblable, et cependant ni mes fondeurs ni moi nous n'étions novices dans l'usage du coke, et l'allure du fourneau a été réglée.

Le coke dont j'ai fait usage venait de Saint-Étienne, et il était de seconde qualité.

Confondu par ce résultat, j'ai dû chercher des lumières sur la cause de ce désappointement. J'appris de M. Frère-Jean, l'un de nos plus habiles métallurgistes, qu'il avait été dans le cas, lors d'une fonte de matières plombeuses commencée avec du coke de Rive-de-Gier, de la poursuivre avec un coke de Saint-Étienne; qu'aussitôt son produit diminua notablement, et qu'il ne revint à son premier taux que par la reprise du premier combustible : ainsi, c'était de la nature du coke que dépendait le résultat. Il me conseilla donc de brasquer des creusets avec les divers cokes dont je pouvais disposer, et d'y introduire des matières plombeuses pour comparer entre eux les culots que j'obtiendrais : ce sont ces essais, variés autant qu'il m'a été possible, que je vais exposer et discuter.

Dans l'emploi ordinaire d'un coke dans les fourneaux à manche, on peut se trouver soumis à l'influence de la quantité et de la nature des cendres, du volume des morceaux, de son état de porosité, de sa carbonisation plus ou moins avancée, de son état hygrométrique, de sa composition chimique relativement à l'hydrogène, carbone, etc.; mais ces diverses circonstances s'annullent dans le creuset brasqué, car il n'y a ni combustion activée par le vent des soufflets ni incinération : d'ailleurs, pour brasquer les creusets, on assimile en quelque sorte, par la pulvérisation, leur état physique, et les poussières des charbons à essayer peuvent être amenées à un état hygrométrique assez uniforme. La chaleur

est développée par un agent extérieur et indépendant des matières contenues dans le creuset : celui-ci est luté ; il ne reste donc plus à considérer que l'action d'une haute température et du coke, réduite en quelque sorte à sa plus simple expression. Or, l'action du carbone et de l'hydrogène, aidée de la chaleur, est suffisamment connue comme opérant la réduction des oxides et une désulfuration au moins partielle des sulfures de plomb. Les gaz qui se dégagent produisent une simple vaporisation du sulfure, que la chaleur peut opérer aussi bien seule : en sorte qu'il ne nous reste à considérer d'autre action nouvelle que celle du soufre qui peut se trouver dans le coke.

Le fer, le cuivre et le plomb sont à peu près les seuls métaux que l'on ait traités en grand dans les fourneaux à manche avec le coke.

Le premier étant très susceptible de se combiner au carbone en proportions variées, l'action du soufre devient équivoque, et il faudrait recourir à des analyses soignées de la fonte obtenue, pour y reconnaître la dose de soufre absorbée. Il n'en est pas de même du cuivre ni du plomb; ceux-ci n'ont aucune affinité bien constatée pour le carbone et en ont une très grande pour le soufre : aussi les métallurgistes savent-ils bien que le cuivre raffiné ne doit pas être reçu en fusion dans des creusets brasqués de coke, autrement il reprendrait de l'aigreur ; ce que l'on n'a point à craindre avec une brasque de charbon de bois : on en a un exemple au raffinage du cuivre à Chessy ; le cuivre pur, étant d'ailleurs susceptible de se charger beaucoup de soufre et assez

peu volatil, serait donc éminemment propre pour servir à établir une classification des diverses houilles relativement à leur teneur en soufre.

Je n'ai pu m'occuper du travail précédent et mes recherches se sont bornées aux seules matières dont l'étude présentait de l'intérêt pour l'usine à laquelle je suis attaché ; néanmoins les faits qui se sont présentés sont assez curieux pour mériter d'être rapportés.

J'ai pris pour terme de comparaison dans mes essais un charbon de bois provenant d'un mélange de diverses substances, les autres combustibles étaient les substances suivantes :

	Cendres pour 100.
1°. Coke de Rive-de-Gier : fabrique de M. Bonin.	12,11
2°. Coke, première qualité de St.-Étienne : mine de l'Étang.	4,80
3°. Coke, deuxième qualité de St.-Étienne: mine de Méons	12,60
4°. Coke de Brassac : mine de Fondarry (Puy-de-Dôme).	17,00

Tous ces combustibles ont dégagé, lors de leur incinération, une odeur sulfureuse plus ou moins forte, mais surtout le coke de Brassac, qui est tellement imprégné de soufre, qu'il se couvre d'efflorescences vitrioliques par suite d'une longue exposition dans un lieu un peu humide et à l'abri des pluies. La couleur des cendres était aussi très variable; celles du coke de Rive-de-Gier étaient jaunes : celles de Saint-Étienne, première qualité, tiraient déjà sur le roux ; celles de Saint-Étienne, deuxième qualité, étaient rousses ; enfin, celles

de Brassac étaient les plus chargées en oxide de fer. Cet ordre de coloration est aussi, comme on le verra plus tard, l'ordre de sulfuration.

La température à laquelle j'ai soumis les creusets était celle d'un essai de fer, et pour bien apprécier l'action des divers cokes je les ai fait agir sur des sulfures et sur des oxides.

1°. La galène soumise à l'essai était à peu près pure; elle a été traitée sans addition : les culots obtenus étaient composés d'un sous-sulfure plus ou moins aigre, et surtout celui traité dans le coke de Brassac. On obtenait aussi, à chaque fois, une petite scorie provenant de quelques gangues mélangées, et le tout était recouvert d'une légère pellicule de matte provenant des sulfures étrangers à celui de plomb.

2°. Le schlich cru ne contenait que 41 pour 100 de plomb; les gangues étaient de la blende, du sulfate de baryte très abondant, du quartz et de la pyrite de fer. On y ajouta du fer métallique et des fondans pour favoriser la réduction et obtenir une scorie. Le mélange se composait ainsi :

Schlich cru	30,00	38,00.
Fer métallique.	6,00	
Chaux fluatée.	1,00	
Quartz.	1,00	

Les scories produites étaient noires, vitreuses, parfaitement fondues; la matte était abondante, d'un gris foncé, très cristalline, ce qui lui donnait un très fort moiré; enfin, les culots de plomb se réunissaient parfaitement, en sorte qu'on n'obtenait point de grenailles.

Comme matières plombeuses oxidées, on a pris :

3°. Une litharge rouge très pure, que l'on a traitée sans addition; mais, à la surface, on obtenait toujours quelque peu de scorie provenant des portions de cendres de la coupelle que la litharge dissout, et en outre une petite dose de matte.

4°. Un schlich grillé en grand suivant le procédé de Pesey, décrit par M. Lelivec, avec un mélange de poussier de charbon : ce schlich était de même nature que celui cru; mais, après le grillage, il ne contenait plus que 30 pour 100, soit à cause du mélange des cendres, soit à cause de la sulfatisation. On l'a fondu sans addition; le produit se composait de scories noires, vitreuses, parfaitement fondues; de mattes laminaires, comme une blende noire et de plomb. La production abondante des mattes fait voir combien ce mode de grillage est imparfait, puisqu'elle est le produit de la réduction des sulfates formés. Le charbon mélangé au schlich, dans ce mode de grillage, se brûle toujours le premier, et laisse ensuite le minérai se sulfatiser à loisir si la température est basse. Si, au contraire, elle est élevée, il y a fusion et l'on n'atteint pas davantage son but. Je me suis d'ailleurs convaincu qu'un grillage bien fait au fourneau à réverbère sur le même minérai ne donne plus aucune portion de matte quand on le réduit dans le creuset brasqué au charbon de bois.

5°. Un phosphate vert naturel venant des mines d'Erlenbach (Bavière rhénane) : il ne renfermait pas d'arséniate, et quoiqu'il fût très pur,

il se produisait toujours une scorie siliceuse. Je ne suis pas éloigné de croire cette silice en combinaison dans le phosphate, car j'ai remarqué qu'en traitant par l'acide nitrique quelques phosphates naturels, j'obtenais constamment de petits flocons gélatineux.

Je n'ai, du reste, ajouté aucun fondant ni réductif à ce dernier minérai.

Ce qu'il y a de très remarquable, c'est que tous les culots et mattes obtenus étaient d'autant plus adhérens à la brasque que celle-ci était plus sulfureuse; ce qui dépend évidemment de l'affinité du sulfure métallique pour les sulfures du coke, puisqu'il n'y en a d'ailleurs aucune entre le carbone et les sulfures essayés, et en même temps rend raison du fait suivant, que l'on observe généralement dans les fourneaux à manche.

Si la fonte a lieu au charbon de bois, on remarque à la tuyère que les gouttelettes de plomb réduit qui tombent sur le combustible ne font que glisser à sa surface, et, coulant de suite dans le bassin de réception, se soustraient ainsi à l'action directe du vent; tandis qu'avec le coke il y a une adhérence très forte qui contribue à la vaporisation, puisque l'action du calorique et des soufflets se prolonge sur le métal jusqu'à ce que le combustible soit descendu ou consumé. On avait attribué cette union à la texture caverneuse du coke, qui permettait aux globules métalliques de s'implanter dans ses pores : cela est en partie vrai; mais il est évident encore que la même affinité que l'on remarque au creuset brasqué a lieu aussi dans les fourneaux, et que l'adhé-

sion purement mécanique est favorisée puissamment par une combinaison chimique.

Cette même adhérence des substances métalliques et des scories avec les brasques de coke me donne aussi lieu d'observer, avec plus d'attention qu'on ne l'avait fait jusqu'à présent, la formation des *bonnets*, qui ne sont autre chose que des scories qui cristallisent dans les bassins de réception.

Quand ces bassins sont creusés dans la brasque de charbon de bois, les bonnets s'en détachent si facilement que le médiocre travail qu'ils occasionent alors est cause du peu d'intérêt qu'on y avait porté, au point que, dans plusieurs usines, où ils se forment à chaque instant, on n'en connaît pas même le nom : mais il n'en est plus de même avec le coke ; ils s'y combinent en quelque sorte, au point que ce n'est qu'avec les plus grandes peines et toujours aux dépens de la brasque, qu'on parvient à les enlever, si une fois ils ont acquis quelque puissance.

Ces bonnets doivent leur naissance à un petit bourrelet de scorie, qui se fige d'abord à la partie supérieure du bassin, soit par le refroidissement naturel, soit par le contact d'une matière froide ou même solide quelconque : ce bourrelet, une fois constitué, attire à lui et condense peu à peu, par la force de cristallisation, toutes les scories voisines, et, suivant toujours les parois du bassin, pénètre jusqu'au fond, déplace la matte, et le plomb en le soulevant, et finit par former une capsule complète, dans laquelle restent en dépôt les matières fondues.

Si le fondeur ne s'y oppose pas à temps en

l'arrachant, elle acquiert une épaisseur de plusieurs pouces et une solidité considérable, continue toujours à s'augmenter en remontant par la rigole d'écoulement et finit par arriver à la tuyère, où elle engorge le fourneau malgré l'obstacle que l'abondance du calorique devrait lui opposer.

On avait attribué ce fait à une allure trop froide du fondage; mais cette explication est complétement fausse. Les scories les plus chaudes et les plus fusibles, telles que les scories d'affinage de fer, y sont aussi sujettes que les autres, et cette force de cristallisation est telle qu'elle se communique non seulement aux scories voisines, qu'elle rend visqueuses, mais encore aux sulfures et arséniures métalliques, tels que les mattes et les speiss, dont la fusibilité est d'ailleurs si grande, et détermine aussi leur solidification, qui a lieu alors quelquefois en très belles aiguilles d'un à 2 pouces de longueur. On ne peut s'empêcher d'ailleurs de reconnaître, dans la texture cristalline de ces bonnets, la force qui a présidé à leur formation. Ils renferment fréquemment des géodes tapissées de cristaux, tandis que la portion des mêmes scories, qui s'est simplement durcie par refroidissement, est restée vitreuse ou n'a pris qu'une texture cristalline imparfaite relativement à l'autre. La composition des scories doit avoir une grande influence pour déterminer plus ou moins facilement cette formation. Il m'est arrivé de varier considérablement les mélanges sans y mettre obstacle, et quelquefois j'y ai réussi de suite, sur les mêmes matières, par l'addition d'une petite quantité de minérai.

Quoique le phénomène précédent soit indépendant de la nature du combustible; néanmoins sa grande intensité en présence du coke m'a fait penser qu'il était assez intéressant pour mériter cette disgression, vu que, d'ailleurs, il peut devenir nuisible à un fondeur qui voudrait remplacer le charbon de bois par le coke, et qui ne se tiendrait pas sur ses gardes à cet égard.

Revenons actuellement à nos essais, dont voici le tableau des résultats obtenus sur 100 de matière :

COMBUSTIBLES.	SULFURES.		OXIDES.		
	1°. Galène.	2°. Schlich cru.	3°. Schlich grillé.	4°. Litharge.	5°. Phosphate naturel.
Charbon de bois.....	32,00	30,16	24,60	84,00	68,50
Coke de Rive-de-Gier.	»	25,16	»	84,16	57,16
Coke de St.-Étienne, première qualité....	28,33	24,50	25,76	84,83	48,33
Coke de St.-Étienne, deuxième qualité...	24,33	18,80	26,16	86,33	(C)53,33
Coke de Brassac......	15,73	16,83	(A)25,16	(B)80,33	(D)43,00

Ce qu'on observe ici du premier coup-d'œil, c'est que les oxides suivent généralement un ordre inverse à celui des sulfures, excepté pour les essais (A) et (B), et ceux faits sur le phosphate.

On pourrait donc, au premier aperçu, supposer qu'il y aurait de l'avantage à réduire les oxides par les cokes de Rive-de-Gier et de Saint-Étienne, et les sulfures uniquement par les charbons de bois, et que, dans aucun cas, il ne faudrait faire usage du coke de Brassac; cependant la discussion va rectifier cette idée.

La première impression du feu a dû produire une vaporisation extrêmement forte sur la galène pure; mais comme celle-ci se constitue en même temps à l'état de sous-sulfure moins vaporisable, la différence des pertes provient de la régénérescence continue de la galène occasionée par l'affluence continuelle d'une nouvelle dose de soufre, et doit être en raison de la quantité de ce gazolithe contenue dans le coke.

Le schlich cru, réduit par le fer, a donné une perte moindre que la galène proportionnellement à la richesse du minérai, parce que le fer, en absorbant le soufre, a de suite produit du plomb métallique, qui est aussi moins vaporisable que le sulfure. Admettons que le fer ait été complétement saturé tant par le soufre de la galène que par celui des pyrites et du sulfate de baryte, etc.; on se rendra néanmoins raison du grand déchet qui a eu lieu ici par les cokes les plus sulfureux, en examinant qu'il ne faut que quatorze parties de soufre pour saturer quatre-vingt-six de plomb, duquel composé égal à cent,

on a trouvé, par d'autres expériences directes, qu'on pouvait vaporiser jusqu'à soixante et onze parties à l'aide d'une température suffisante, en opérant dans un creuset brasqué de charbon de bois.

Pour la litharge, les résultats ont dû être inverses, parce que celle-ci se réduit très promptement en plomb métallique, lequel a absorbé successivement le soufre du coke, et a subi alors une augmentation de poids d'autant plus considérable qu'il y avait plus de soufre présent, comme il était facile de s'en convaincre par la plus grande aigreur des plombs à mesure que les cokes étaient plus sulfureux; cependant, au delà d'un certain degré de saturation, le sulfure formé ne pouvant plus être contenu par le plomb métallique, a dû se vaporiser comme si l'on eût eu affaire au sulfure de plomb lui-même, ce qui explique l'anomalie que semble présenter le coke de Brassac.

On peut faire le même raisonnement pour le schlich grillé; il est seulement remarquable que le sulfure de plomb formé par le soufre du coke ne se soit pas concentré dans la matte plutôt que dans le métal, dont il a augmenté le poids jusqu'à un certain terme, et, par suite, on devait avoir d'autant moins de plomb que les cokes étaient plus sulfureux, contrairement à ce qui est arrivé. Il en serait effectivement ainsi si le plomb métallique n'avait pas pour une certaine dose de son sulfure une affinité plus forte que celui-ci n'en a pour l'espèce de matte obtenue. On voit à chaque instant, dans les traitemens métallurgiques, que les plombs-d'œuvre sont toujours plus ou moins sulfurés malgré la présence de

la matte, et même dans celle-ci on remarque que le plomb sulfuré y est souvent simplement disséminé, preuve qu'il n'y a qu'une très faible affinité entre ce sulfure et celui de fer.

Ainsi, le gain obtenu sur les litharges et les schlichs grillés par l'emploi du coke ne serait pas réel, puisqu'il dépendrait uniquement du soufre qui entre en combinaison; mais, au moins, il n'y a eu de perte que pour les cokes excessivement sulfureux, tels que celui de Brassac. On conçoit d'ailleurs bien que, dans l'application à la pratique, il ne faudrait pas s'en tenir rigoureusement à ces résultats, qui peuvent être influencés bien autrement par l'action des masses qui opèrent dans les fourneaux.

Les expériences faites sur le phosphate ont offert une anomalie apparente relativement aux autres oxides : ceci tient à ce qu'on a percé le culot avec sa scorie, qui était remplie de grenailles; et comme, d'après les expériences de M. Berthier, il est constaté que le phosphate de plomb est très difficile à réduire complétement au creuset brasqué, on a dû obtenir des culots d'autant plus pesans que la scorie renfermait davantage de phosphate non réduit. Or, dans les creusets brasqués de coke, la réduction est bien plus énergique que dans ceux de charbon de bois, à cause de l'action du soufre; il en est aussi résulté que les culots ont offert une perte en poids d'autant plus grande qu'il y avait plus de soufre présent. La loi est assez régulière jusqu'aux résultats (C) et (D), où les culots étaient tellement infiltrés de brasque, qu'on n'a pu obtenir aucune exactitude dans les résultats.

J'ai cherché à confirmer les explications précédentes en brasquant trois creusets, l'un avec du charbon de bois pur; dans le poussier que j'employai pour le second, je mêlai une dose de pyrite calcinée; et dans le troisième, deux doses pareilles. J'introduisis dans chacun 30g. de litharge jaune, et j'obtins les résultats suivans :

Charbon pur.	88,66	pour 100.
Charbon avec une dose de pyrite.	83,00	
Charbon avec deux doses de pyrite.	77,16	

Ici, je me suis trouvé de prime-abord dans le cas du coke de Brassac, en ce que les mélanges étant très sulfureux, la vaporisation a été de suite très forte. On remarquera sans doute que ces expériences ont une grande analogie avec celles que Descortils nous a laissées sur l'action de diverses substances gazeuses sur la galène ; mais, dans les fourneaux à manche, outre la perte que l'on éprouve par cette vaporisation , il arrive un autre inconvénient, qui n'a pas lieu au creuset brasqué , c'est que, par la combustion du coke, la pyrite amenée au moins à l'état de sous-sulfure devient libre, et s'unissant alors au sulfure de plomb , l'entraîne sous forme de matte et occasione par là de nouvelles pertes.

S'il est donc si nécessaire de choisir un combustible exempt, autant que possible, de sulfure de fer, par la même raison il faut que le minérai, de son côté, soit aussi débarrassé de ses pyrites, blendes et surtout du sulfate de baryte , comme cela arrive à Tarnowitz, où le minérai est d'une pureté extraordinaire, par suite de la facilité de

son lavage. Dans tout autre cas, il vaut mieux passer par un grillage préliminaire, en conduisant celui-ci de manière à oxider simplement les métaux et non pas à les sulfatiser, ainsi que cela a lieu le plus souvent.

CIRCULAIRE ET INSTRUCTION

SUR LES

BATEAUX A VAPEUR.

CIRCULAIRE du 1er. juin 1830, à MM. les Préfets des départemens, concernant une Instruction relative aux ordonnances des 2 avril 1823 et 25 mai 1828.

Monsieur le préfet, vous avez reçu la circulaire du 1er. août 1828, relative aux bateaux à vapeur et aux chaudières des machines à vapeur employées sur ces bateaux (1).

A la suite de cette circulaire se trouvent les deux ordonnances des 2 avril 1823 (*Bulletin des lois*, n°. 601, page 306), et 25 mai 1828 (*Bulletin des lois*, n°. 233, page 497).

Je ne doute pas que vous n'ayez donné beaucoup d'attention à la formation des commissions de surveillance qui ont dû être instituées par MM. les préfets, aux termes de l'article 1er. de l'ordonnance du 2 avril 1823, dans les départemens où il existe des fleuves, rivières et côtes sur lesquels sont ou peuvent être établis des bateaux à vapeur. Ces commissions ont, en effet, des devoirs importans à remplir, qui intéressent à la fois la prospérité du commerce et la vie des hommes.

L'ordonnance du 2 avril 1823 a laissé aux autorités le soin de compléter le régime des précautions générales par des réglemens particuliers.

Afin de faciliter l'exécution des ordonnances qui concernent la navigation au moyen de la vapeur, et d'établir,

(1) Cette circulaire et les ordonnances des 2 avril 1823 et 25 mai 1828 sont insérées dans le tome III des *Annales des Mines*, pages 503, 506 et 508.

autant que possible, l'uniformité désirable dans les réglemens locaux qu'il appartient à MM. les préfets de rédiger, j'ai cru utile de publier une Instruction spéciale sur cet objet. Elle a été préparée avec maturité par la commission d'ingénieurs des mines et d'ingénieurs des ponts et chaussées, réunie dès 1823, et qui s'occupe spécialement de toutes les questions qui concernent les machines à vapeur.

Cette Instruction, que j'ai approuvée, renferme en outre plusieurs éclaircissemens sur la police des bateaux à vapeur.

Vous en trouverez ci-joints exemplaires.

Elle rappelle les dispositions des ordonnances et leur mode d'exécution, et avertit notamment qu'on ne doit point assujettir aux épreuves de la presse hydraulique, ni, par conséquent, timbrer toute chaudière qui, étant terminée par des faces planes, différera entièrement par sa forme et par sa disposition des chaudières qui servent pour la haute pression. Ces chaudières à faces planes ne pourraient subir les épreuves sans être déformées et altérées ; au surplus, elles fonctionnent toujours à des pressions très basses, et ne présentent pas de dangers dès qu'elles sont munies de soupapes de sûreté chargées directement de rondelles fusibles et de manomètre à air libre.

Elle est divisée en sept paragraphes qui ont rapport,

1°. A la surveillance et à l'entretien des machines;

2°. A l'alimentation des chaudières ;

3°. Aux soupapes de sûreté ;

4°. Aux rondelles métalliques fusibles;

5°. Aux manomètres;

6°. A la conduite du feu dans la machine;

7°. A la police des bateaux à vapeur.

Le premier de ces paragraphes indique, comme condition essentielle du permis de navigation, qu'il soit placé à bord de chaque bateau destiné à recevoir des passagers un mécanicien chargé de surveiller continuellement la machine ; on doit attendre les meilleurs résultats de cette mesure.

A la fin se trouve une nouvelle table des forces élastiques de la vapeur d'eau et des températures correspondantes. Cette table, due aux beaux travaux qu'une commission de l'Académie royale des sciences a exécutés avec

une persévérance, un courage et une habileté dignes des plus grands éloges, était annoncée dans la circulaire du 19 mai 1825; elle doit remplacer la table insérée à la fin de l'Instruction du 7 du même mois, que l'Académie avait dressée provisoirement.

Je vous prie, M. le préfet, de vous pénétrer du contenu de l'Instruction que je vous transmets, et d'en recommander la lecture la plus attentive aux diverses autorités locales chargées de vous seconder, et notamment aux commissions de surveillance instituées dans votre département.

Je vous invite à en remettre des exemplaires à chaque membre de la commission, à MM. les ingénieurs des mines, à MM. les ingénieurs des ponts et chaussées, à MM. les officiers de port, maires et adjoints; aux commissaires de police, officiers et sous-officiers de gendarmerie des villes et communes situées sur les lignes de navigation, ainsi qu'à MM. les propriétaires des bateaux à vapeur.

Je désire particulièrement qu'en m'accusant réception de la présente, vous me fassiez parvenir le tableau nominatif de la commission, ou des commissions de surveillance que vous avez organisées dans votre département, et que vous me teniez constamment au courant des mutations qui auront lieu.

Recevez, M. le préfet, l'assurance de ma considération très distinguée,

Le Ministre des travaux publics,

Signé baron CAPELLE.

Pour expédition :

Le chef de la division des mines,

Signé LAUBRY.

INSTRUCTION

Pour l'exécution des Ordonnances royales concernant les bateaux à vapeur, et pour la rédaction des réglemens particuliers dans chaque département.

La navigation des bateaux à vapeur est régie par les ordonnances royales des 2 avril et 29 octobre 1823, 25 mai 1828 et 25 mars 1830.

D'après la première de ces ordonnances, dans les départemens où il existe des fleuves, rivières ou côtes sur lesquels sont ou pourront être établis des bateaux à vapeur, des commissions de surveillance, formées par les préfets, doivent s'assurer que ces bateaux sont construits avec solidité, particulièrement en ce qui concerne l'appareil moteur, et que cet appareil est soigneusement entretenu dans toutes ses parties. Aucun bateau à vapeur ne peut entrer en navigation qu'après que la commission chargée de l'examiner a constaté la solidité de construction et le bon état de la machine, et que le préfet a notifié au propriétaire qu'il a reçu et approuvé le procès-verbal de la commission. Cette notification est accompagnée du réglement contenant les dispositions que le préfet juge utile et convenable de prescrire au propriétaire du bateau relativement à la police de la navigation. Enfin, des visites trimestrielles et d'autres, toutes les fois qu'il est nécessaire, sont faites par chaque commission, qui consigne dans les procès-verbaux qu'elle en adresse au préfet, ses propositions sur les mesures à prendre dans le cas où l'état de l'appareil moteur présenterait des dangers probables.

La seconde ordonnance, celle du 29 octobre 1823, concerne en général les machines à haute pression. Elle détermine un système de précautions qui est maintenant bien connu, et dont l'application a été faite depuis longtemps aux machines à haute pression qui servent à la na-

vigation, à l'exception cependant des dispositions relatives aux murs de défense et à la capacité des locaux, attendu que ces dispositions étaient inexécutables sur des bateaux.

La troisième ordonnance, celle du 25 mai 1828, porte, entre autres dispositions, que les mesures de sûreté prescrites tant par les articles 2, 3, 4, 5 et le premier paragraphe de l'article 7 de l'ordonnance du 29 octobre 1823, que par l'ordonnance du 7 mai 1828, sont étendues aux chaudières, tubes bouilleurs, cylindres et enveloppes de cylindres des machines à vapeur à basse pression employées sur des bateaux.

La quatrième ordonnance, celle du 25 mars 1830, concerne en quelques points les bateaux à vapeur, puisqu'elle traite en général des machines à basse pression. D'après cette ordonnance, les soupapes des machines à basse pression qui servent à la navigation doivent être chargées directement, et chaque machine doit être pourvue d'un manomètre à air libre, dont la longueur est déterminée d'après la pression habituelle de la vapeur dans la chaudière.

Il sera facile de faire aux machines à haute et basse pression, établies sur des bateaux, l'application des diverses mesures de sûreté et de police prescrites par les ordonnances qui viennent d'être citées, tant en continuant de se conformer aux instructions des 19 mars 1824, 7 mai 1825 et 12 juillet 1828, relatives aux machines à haute pression en général, qu'en ayant égard aux dispositions qui vont être successivement énumérées.

Les timbres dont on se servira pour constater les résultats des épreuves seront les mêmes que ceux de forme circulaire qu'on frappe à la monnaie de Paris, et qui portent en légende, *Ordonnance* du 29 octobre 1823. On a jugé inutile de faire graver de nouveaux poinçons pour les ordonnances des 7 et 25 mai 1828, attendu que ces dernières se rattachent à celles du 29 octobre 1823.

Le degré de fusibilité qui est exigible dans chaque cas particulier pour les rondelles métalliques a été calculé jusqu'à présent d'après une table provisoire, qui a été publiée par l'administration à la suite de l'instruction du 7 mai 1825. Depuis cette époque, il a été fait à l'Académie royale des sciences un travail spécial pour déterminer

définitivement la force élastique dont la vapeur d'eau jouit à différentes températures. Il est résulté de ce travail une table exacte et très étendue, qu'on trouvera à la suite de la présente instruction, et dont on devra désormais se servir en remplacement de la table provisoire.

Il sera convenable de faire connaître aux fabricans et propriétaires de chaudières employées sur les bateaux, qu'ils pourront, comme par le passé, se procurer à la manufacture établie à Paris, chez M. Collardeau, rue de la Cerisaie, n°. 3, non seulement des rondelles métalliques, fusibles à toutes les températures requises, mais encore du métal fusible en lingot. Mais il sera en même temps nécessaire de les avertir qu'il est très difficile aux personnes qui ne sont pas très exercées d'obtenir d'un lingot des rondelles qui soient fusibles précisément au même degré que le lingot lui-même, et qu'il y a beaucoup plus de sécurité à se servir de rondelles qui ont été coulées à la manufacture, attendu qu'elles ont été soigneusement essayées après leur fabrication.

On a reconnu qu'il était utile de donner aux rondelles fusibles une épaisseur d'au moins quinze millimètres, et de les maintenir extérieurement avec une grille en fonte qui les empêche de bomber lorsqu'elles sont appliquées à une chaudière. Mais l'emploi de ces grilles entraîne l'obligation d'augmenter les diamètres fixés par l'article 5 de l'ordonnance royale du 29 octobre 1823. Cette augmentation doit être telle que la surface libre, ou non recouverte, de la rondelle la plus fusible soit égale à la surface d'une des soupapes de sûreté, et que la surface libre, ou non recouverte, de la rondelle la moins fusible soit quadruple de la surface de la même soupape. Les fabricans et propriétaires de chaudières trouveront à la manufacture indiquée ci-dessus des grilles préparées pour toutes les grandeurs de rondelles, et disposées de telle manière qu'on peut les mettre et les ôter très facilement.

L'ordonnance du 25 mai 1828 ayant prohibé l'usage des chaudières et tubes bouilleurs en fonte de fer sur les bateaux à vapeur, les chaudières et tubes bouilleurs en tôle ou en cuivre laminé employés sur ces bateaux seront, d'après cette ordonnance et celle du 7 mai 1828, éprouvés sous une pression *triple* de la pression à prendre, comme

terme de départ, pour les épreuves par la presse hydraulique.

Néanmoins on n'assujettira pas à ces épreuves, et par conséquent on ne timbrera pas toute chaudière qui, étant terminée par des faces planes, différera entièrement, par sa forme et par sa disposition, des chaudières qui servent pour la haute pression.

Les chaudières à faces planes ne pourraient être, sans iuconvéniens, soumises aux épreuves prescrites, celles-ci les déformeraient et les altéreraient. Les essais par la presse hydraulique sont ici d'autant moins nécessaires que, dans les chaudières de l'espèce dont il s'agit, on ne saurait habituellement former de la vapeur à une haute tension. Ces chaudières ne fonctionnent qu'à des pressions très basses et qui s'élèvent, au plus, à une atmosphère et demie.

Mais en exemptant les chaudières à faces planes de l'épreuve par la presse hydraulique, il faut pourvoir à ce qu'elles ne puissent jamais fonctionner à une pression intérieure excédant celle d'une atmosphère et demie; à cet effet, les soupapes de sûreté de ces chaudières seront directement chargées d'un poids équivalent, au plus, à une demi-atmosphère; c'est à dire d'un poids de 0k.,516 par chaque centimètre carré. On adaptera, en outre, à la partie supérieure de ces mêmes chaudières les rondelles métalliques fusibles qui correspondent à la pression intérieure d'*une atmosphère et demie*. La première de ces rondelles, la plus petite, devra donc être fusible à 122 degrés centigrades, et la seconde, la plus grande, à 132 degrés.

L'exemption des épreuves pour les chaudières à faces planes ne saurait être étendue aux cylindres et enveloppes de cylindres des machines dont ces chaudières dépendront. Ces cylindres et enveloppes seront éprouvés comme à l'ordinaire, et après les épreuves on les marquera du timbre indiquant, en chiffre, *une atmosphère et demie*.

Si les machines à vapeur qui fonctionnent dans les établissemens ordinaires exigent l'observation rigoureuse de toutes les conditions de sûreté prescrites, à plus forte raison doit-on observer ces conditions à l'égard des machines qui sont établies dans des bateaux. Là, on ne peut avoir

recours aux murs d'enceinte, ayant pour objet d'amortir les effets des explosions, et en cas d'accident la vie d'un grand nombre de personnes se trouverait compromise. Les autorités locales ne sauraient donc apporter trop d'activité et de prévoyance dans l'exercice des attributions qui leur sont confiées relativement à la navigation à la vapeur.

Les commissions de surveillance en particulier ne sauraient mettre trop de soins à l'examen qui doit précéder tout permis de navigation. Il est nécessaire que, dans leurs procès-verbaux, elles détaillent l'état dans lequel elles ont trouvé les parties principales du mécanisme de chaque bateau. Elles doivent surtout constater que la disposition du foyer ne pourra donner lieu à aucun accident, que le jeu de la pompe alimentaire est suffisant, et que la puissance habituelle de la machine pourra vaincre tous les obstacles de la navigation projetée.

L'ordonnance royale du 2 avril 1823 a donné aux autorités locales la faculté de compléter le régime de précautions au moyen des réglemens locaux; elles doivent s'empresser d'user de cette faculté, et déjà plusieurs préfets, sur la proposition des commissions de surveillance, l'ont fait avec succès. Comme il importe qu'il y ait, autant que possible, uniformité entre les dispositions contenues dans les actes de ce genre, on va rappeler les principaux points de vue auxquels il est convenable d'avoir égard dans la rédaction de ces réglemens.

§ 1. *En ce qui concerne la surveillance et l'entretien des machines.*

1°. Les permis de navigation ne doivent être donnés que sous la condition expresse qu'à bord de chaque bateau à vapeur destiné à recevoir des passagers, il y aura un mécanicien chargé de surveiller continuellement la machine, et ayant les connaissances nécessaires pour l'entretenir constamment en bon état, s'assurer qu'elle fonctionne bien et au besoin la réparer.

2°. Les fonctions attribuées à ce mécanicien ne peuvent être confiées au chauffeur, celui-ci sera tenu de se conformer aux ordres du mécanicien.

3°. Le mécanicien doit observer toutes les mesures de

précaution habituelles prescrites par l'instruction ministérielle du 19 mars 1824; et, à cet effet, cette instruction doit être affichée dans le local de la machine à vapeur.

§ 2. *En ce qui concerne l'alimentation des chaudières.*

4°. Pour mettre le mécanicien à portée de s'assurer que l'alimentation compense, à chaque instant, la dépense de vapeur et toutes les pertes d'eau, et que la surface de l'eau dans la chaudière est maintenue à un niveau constant et au dessus des conduits dans lesquels circule la flamme du foyer, il doit être expressément recommandé d'adapter à chaque chaudière, indépendamment des flotteurs ordinaires, deux *tubes indicateurs* en verre, qui devront être entretenus en bon état, et dans l'ajustement desquels on aura égard aux effets de la dilatation.

Chacun de ces tubes est adapté verticalement entre deux tubulures horizontales en cuivre, qui sont munies de robinets et communiquent avec l'intérieur de la chaudière au dessus et au dessous de la ligne d'eau : de cette manière, l'eau se tient, dans chacun des deux tubes de verre, au même niveau que dans la chaudière. Des tubes de rechange sont d'ailleurs nécessaires, afin que ceux qui viendraient à être cassés puissent être immédiatement remplacés.

Pour atteindre le but qui a été indiqué ci-dessus, on peut se contenter d'appliquer à chaque chaudière trois robinets indicateurs, qui seraient placés, savoir : le premier, au niveau habituel de la ligne d'eau, le second un peu au dessus de cette ligne, et le troisième un peu au dessous; mais l'emploi des tubes de verre est préférable pour la navigation sur les rivières.

5°. On pourrait en outre recommander d'ajuster à chaque chaudière un tube de sûreté, terminé en tuyau d'orgue et disposé de telle manière que si, par une cause imprévue, la surface de l'eau dans la chaudière venait à s'abaisser au dessous du niveau déterminé, la vapeur, en s'échappant aussitôt par ce tuyau, produirait un son prolongé, qui avertirait que le danger commence et qu'il est urgent d'y remédier.

§ 3. *En ce qui concerne les soupapes de sûreté.*

6°. Le mécanicien doit veiller soigneusement à ce que les soupapes de sûreté soient constamment entretenues en bon état et de manière à ce qu'elles puissent toujours jouer librement.

7°. Les soupapes doivent être chargées au moyen de leviers, si la chaudière est à haute pression, et directement si la chaudière est à basse pression.

Il doit être formellement défendu de surcharger les soupapes.

8°. La charge des soupapes doit être déterminée en kilogrammes et fractions de kilogrammes, d'après le numéro du timbre circulaire apposé sur la chaudière.

Si la chaudière est à basse pression et à faces planes, auquel cas elle ne portera pas de timbre, puisqu'elle n'aura pas été éprouvée, les soupapes doivent être chargées directement (pour la pression d'une atmosphère et demie) d'un poids équivalent, au plus, à une demi-atmosphère, c'est à dire d'un poids de 0k.,516 par chaque centimètre carré (1).

§ 4. *En ce qui concerne les rondelles métalliques fusibles.*

9°. Il doit être expressément défendu de se servir de rondelles métalliques dont les degrés de fusibilité ne correspondraient pas au numéro du timbre de la chaudière, et aussi de chercher, par un moyen quelconque, à empêcher la fusion de ces mêmes rondelles.

10°. Il doit être prescrit de poser au dessus des ron-

(1) Quand on calcule la charge d'une soupape, pour chaque centimètre carré de sa surface, il faut avoir égard à la pression que l'atmosphère elle-même exerce extérieurement sur cette soupape. On ne doit donc pas multiplier 1 kil. 033 (poids equivalant à la pression d'une atmosphère sur un centimètre carré) par le numéro du timbre apposé sur la chaudière, mais bien par ce numéro, diminué d'une unité. Si, par exemple, la chaudière portait le timbre de trois atmosphères, la charge sur les soupapes devrait être de 2 kil. 066 par chaque centimètre carré.

delles, des couvercles non assujettis, qui puissent les conserver en bon état, les garantir de toute atteinte et notamment les préserver de l'accès de l'eau et de tout corps étranger, en sorte qu'on ait toujours la facilité de reconnaître, à la première inspection, les numéros des timbres octogones dont elles sont frappées.

11°. On doit toujours avoir dans chaque bateau des rondelles métalliques de rechange, afin de pouvoir sur-le-champ remplacer celles qui viendraient à se fondre.

§ 5. *En ce qui concerne les manomètres.*

12°. A chaque chaudière, on doit adapter un manomètre à mercure, construit avec soin et gradué avec exactitude.

13°. On doit toujours employer le manomètre à air libre, pour les chaudières à basse pression; et se servir, autant qu'il est possible, pour les chaudières à haute pression, de ce même manomètre, qui est bien préférable au manomètre ordinaire, c'est à dire à celui qui est raccourci et dont le tube, fermé à la partie supérieure, contient de l'air qui est destiné à être comprimé par la colonne de mercure.

14°. On doit prendre les précautions nécessaires pour préserver cet instrument de tout accident; néanmoins, il faut toujours avoir, dans le bateau, un manomètre de rechange.

§ 6. *En ce qui concerne la conduite du feu et de la machine.*

15°. Le mécanicien doit veiller à ce que le chauffeur conduise et entretienne le feu avec la plus grande régularité, en observant toutes les précautions indiquées dans l'instruction ministérielle du 19 mars 1824, laquelle sera affichée, comme il est dit, n°. 3, dans le local de la machine.

16°. Lorsque le bateau doit s'arrêter, il faut que le capitaine en prévienne d'avance le mécanicien et le chauffeur, pour que ce dernier cesse de pousser le feu.

Dans le cas où, le bateau étant arrêté, la colonne de

mercure continuerait à monter dans le tube du manomètre, le mécanicien doit alors donner issue à la vapeur.

17°. Si, malgré toutes les précautions qui pourront être prises, on n'avait pu empêcher la chaudière de manquer d'eau, ni ses parois de rougir en quelques points, il faudrait s'abstenir, et d'introduire de l'eau dans la chaudière, et d'ouvrir brusquement une issue à la vapeur par une soupape ou par un robinet de décharge.

Dans cette circonstance fâcheuse, il faudrait, avant de rétablir l'alimentation, faire suffisamment refroidir la chaudière en cessant le feu et en enlevant le combustible du foyer.

§ 7. *En ce qui concerne la police des bateaux à vapeur.*

18°. Il doit être expressément défendu aux capitaines de faire naviguer les bateaux avec une vitesse supérieure à celle que comporte la marche régulière de l'appareil moteur, sous peine d'être *personnellement* responsables des accidens qui pourraient en résulter.

19°. Il est utile qu'il soit ouvert, dans chaque bateau à vapeur, un registre dont toutes les pages devront être cotées et paraphées par l'autorité locale, et sur lequel les passagers auront la faculté de consigner leurs observations en ce qui pourrait concerner la marche du bateau et les avaries ou accidens quelconques.

20°. Les registres dont il s'agit doivent être représentés aux commissions de surveillance toutes les fois qu'elles visitent les bateaux, et aux autorités chargées de la police locale dans les communes situées le long des cours d'eau, toutes les fois que ces autorités en demandent communication.

21°. Dans chaque salle où se tiennent les passagers, il doit être placé un tableau indiquant :

1°. La durée moyenne des voyages, tant en montant qu'en descendant, et en ayant égard à la hauteur des eaux;

2°. Le temps que le bateau devra stationner aux différens lieux déterminés pour les embarquemens;

3°. Le nombre maximum des passagers qui pourront être reçus dans le bateau;

4°. La faculté que les passagers ont de consigner leurs

observations sur le registre ouvert à cet effet dans le bateau.

22°. Les capitaines doivent être tenus de déclarer aux autorités locales, après chaque voyage, tous les faits parvenus à leur connaissance qui pourraient intéresser la sûreté de la navigation, afin qu'il y soit pourvu, s'il y a lieu.

23°. Enfin, les réglemens particuliers énoncent la pression à laquelle chaque chaudière fonctionnera habituellement, le numéro du timbre dont la chaudière est frappée, la charge des soupapes de sûreté, le degré de fusibilité de chaque rondelle de métal fusible employée, et la hauteur à laquelle le mercure se tiendra dans le manomètre par l'effet de la pression habituelle de la vapeur. Ils doivent aussi comprendre toutes les mesures d'un intérêt local que MM. les préfets jugeraient nécessaire de prescrire pour la police de la navigation et l'énonciation des cas où le permis de navigation pourrait être retiré, pendant un laps de temps plus ou moins considérable, pour cause de contravention. Il est utile que les réglemens rappellent, en outre, qu'aux termes des articles 319 et 320 du Code pénal, les propriétaires de bateaux peuvent être poursuivis à raison des accidens auxquels ils auraient donné lieu par négligence, par imprudence ou par inobservation des réglemens, sans préjudice des dommages et intérêts qu'ils pourraient avoir encourus.

L'exécution des obligations imposées aux propriétaires de bateaux à vapeur doit être surveillée avec soin, non seulement par les commissions de surveillance, mais encore par les ingénieurs des mines, ingénieurs des ponts et chaussées, officiers de port, maires et adjoints, commissaires de police, officiers et sous-officiers de gendarmerie des villes et communes situées sur les lignes de navigation. Ces fonctionnaires et agens doivent, chacun en ce qui le concerne, dresser procès-verbal des contraventions et accidens, et transmettre immédiatement leurs procès-verbaux au préfet du département.

Sur ces procès-verbaux, le préfet, après avoir vérifié les faits, statue en ce qui peut le concerner, et renvoie, lorsqu'il y a lieu, les contrevenans devant l'autorité judiciaire, pour l'application des peines qu'ils auraient encourues,

S'il arrive qu'une contravention soit constatée dans un département autre que celui où le permis de navigation a été donné, le préfet de cet autre département transmet les pièces à son collègue, pour être par ce dernier procédé ainsi qu'il appartient.

Il importe que les visites habituelles des commissions de surveillance aient lieu très fréquemment, et non seulement lorsque les bateaux sont en repos, mais encore lorsqu'ils sont en marche. Le procès-verbal de chaque visite énonce les divers objets qui ont été examinés et le résultat de leur examen. Les observations doivent spécialement porter sur la charge et le jeu des soupapes, le jeu du flotteur, l'état des rondelles, des timbres et des manomètres; celui des robinets ou des tubes indicateurs du niveau de l'eau dans la chaudière, celui du foyer; la régularité du chauffage, celle de l'alimentation; la solidité de la chaudière et des tubes bouilleurs, leur entretien de propreté à l'intérieur; l'absence des fuites, l'influence des fuites lorsqu'il en existe; la régularité du jeu de la machine, la disposition plus ou moins favorable du local qui la renferme, l'exactitude du service et l'exécution des conditions particulières qui ont été imposées par l'arrêté qui a accordé le permis de navigation.

Lorsque la commission de surveillance a des motifs suffisans pour estimer qu'une chaudière à basse pression, construite à faces planes, n'est plus assez résistante, elle doit en provoquer la réforme auprès du préfet.

Si la chaudière dont la solidité est suspecte est, par sa forme, susceptible d'être éprouvée par la presse hydraulique, la commission provoque une épreuve de vérification et y préside. Cette épreuve a lieu à l'aide d'une pression égale à celle que la chaudière a subie lorsqu'elle a été timbrée.

Dans ce cas, comme dans celui de l'épreuve primitive, le propriétaire du bateau est tenu de fournir la presse et la main-d'œuvre que l'opération exige. Rien ne s'oppose d'ailleurs à ce qu'en remplacement de la presse ordinaire d'essai, le propriétaire du bateau fournisse une pompe foulante quelconque, telle que la pompe alimentaire de sa machine, pourvu que l'emploi en ait été rendu facile et que l'effet en soit suffisant. Il est inutile d'ajouter que,

pour chaque chaudière, l'épreuve de vérification doit être renouvelée toutes les fois qu'elle est jugée nécessaire pour qu'il y ait parfaite sécurité sur le bateau.

Enfin, indépendamment de leur avis sur les mesures à prendre à l'égard des chaudières d'une solidité suspecte, les commissions de surveillance doivent joindre au procès-verbal de chaque visite toutes les propositions que l'exigence des cas ou le bien du service pourrait leur suggérer. Il importe qu'elles ne perdent jamais de vue l'initiative qui leur appartient et la responsabilité que leurs fonctions conservatrices leur imposent.

Paris, le 27 mai 1830.

Le Ministre des travaux publics,

Signé baron CAPELLE.

Nouvelle Table des forces élastiques de la vapeur d'eau et des températures correspondantes de 1 à 24 atmosphères d'après l'observation, et de 24 à 50 atmosphères, par le calcul.

FORCE ÉLASTIQUE de la vapeur, en prenant la pression de l'atmosphère pour unité.	HAUTEUR de la colonne de mercure (à zéro de température) qui mesure la force élastique de la vapeur.	TEMPÉRATURE correspondante, exprimée en degrés du thermomètre centigrade à mercure.	PRESSION exercée par la vapeur sur un centimètre carré de la chaudière ou de la soupape de sûreté.
atmosphères.	mètres.	degrés.	kilogrammes.
1	0, 76	100,	1, 033
1 1/2	1, 14	112, 2	1, 549
2	1, 52	121, 4	2, 066
2 1/2	1, 90	128, 8	2, 582
3	2, 28	135, 1	3, 099
3 1/2	2, 66	140, 6	3, 615
4	3, 04	145, 4	4, 132
4 1/2	3, 42	149, 06	4, 648
5	3, 80	153, 08	5, 165
5 1/2	4, 18	156, 8	5, 681
6	4, 56	160, 2	6, 198
6 1/2	4, 94	163, 48	6, 714
7	5, 32	166, 5	7, 231
7 1/2	5, 70	169, 37	7, 747
8	6, 08	172, 1	8, 264
9	6, 84	177, 1	9, 297
10	7, 60	181, 6	10, 33
11	8, 36	186, 03	11, 363
12	9, 12	190, 00	12, 396
13	9, 88	193, 7	13, 429
14	10, 64	197, 19	14, 462
15	11, 40	200, 48	15, 495
16	12, 16	203, 60	16, 528
17	12, 92	206, 57	17, 561
18	13, 68	209, 4	18, 594
19	14, 44	212, 1	19, 627
20	15, 20	214, 7	20, 660
21	15, 96	217, 2	21, 693
22	16, 72	219, 6	22, 726
23	17, 48	221, 9	23, 759
24	18, 24	224, 2	24, 792
25	19, 00	226, 3	25, 825
30	22, 80	236, 2	30, 990
35	26, 60	244, 85	36, 155
40	30, 40	252, 55	41, 320
45	34, 20	259, 52	46, 485
50	38, 00	265, 89	51, 650

ORDONNANCES DU ROI,

CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LA FIN DU PREMIER TRIMESTRE DE 1829 ET LE COMMENCEMENT DU SECOND TRIMESTRE DE CETTE MÊME ANNÉE.

Mines de houille de Bouzogle.

ORDONNANCE du 4 mars 1829, portant concession des mines de houille de Bouzogle (Creuse).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Il est fait à la Société Aimé-Laurence et compagnie, sous le nom de concession de Bouzogle, concession des mines de houille situées dans les communes de Bourganeuf et de Faux-Mazuras, arrondissement de Bourganeuf, département de la Creuse, et limitées ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite tirée de l'angle nord-ouest du bâtiment occidental de la Réjasse au clocher de Faux-Mazuras;

A l'est, par une ligne droite partant de ce point et dirigée sur l'angle occidental du bâtiment de Ralabaud ;

Au sud, par une ligne droite tirée de ce point au Ponceau-de-Bouzogle;

A l'ouest, par une ligne droite tirée de ce point à l'angle nord-ouest du bâtiment occidental de la Réjasse, point de départ.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de deux kilomètres carrés cinquante-cinq hectares soixante-seize ares, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance.

Mines de bitume pisasphalte de l'Escourchade.

ORDONNANCE du 4 mars 1829, portant concession de la mine de bitume pisasphalte, située dans la commune de Chamalières au lieu dit de l'Escourchade (Puy-de-Dôme).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Il est fait au sieur Ledru concession de la mine de bitume pisasphalte, située dans la commune de Chamalières, au lieu dit de l'Escourchade, département du Puy-de-Dôme.

ART. II. La présente concession renfermant une étendue superficielle de quatorze hectares trente-six ares quatre-vingts mètres, est limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan joint à la présente ordonnance, savoir :

Au nord, par le ruisseau dit l'Amable, depuis son intersection avec le chemin de l'Escourchade jusqu'à sa rencontre avec celui dit Chemin au bas de l'Escourchade ;

A l'est, par ce dernier chemin, depuis le ruisseau de l'Amable jusqu'à celui des Rapeaux ;

Au midi, par ledit ruisseau des Rapeaux jusqu'à son intersection avec le chemin du même nom ;

A l'ouest enfin, par une ligne droite menée du point qui précède jusqu'à l'intersection du ruisseau de l'Amable avec le chemin de l'Escourchade, point de départ.

Mines de houille de Mazuras.

ORDONNANCE du 4 mars 1829, portant concession des mines de houille de Mazuras (Creuse).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Il est fait à la Société Aimé-Laurence et compagnie, sous le nom de concession de Mazuras, concession des mines de houille situées dans les communes de Bourganeuf, Mazuras et Saint-Junien-la-Brugère, arrondissement de Bourganeuf, département de la Creuse, et limitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au nord, par une ligne droite tirée de l'angle nord-ouest du bâtiment principal de Sauriat à la chapelle de Mazuras;

Au nord-ouest, par une première droite tirée du dernier point à celui où le chemin de Mazuras à la Brugère rencontre le ruisseau de Vergnes, et par une seconde droite tirée du point de rencontre à l'angle nord-ouest du bâtiment principal de la Brugère;

Au sud-ouest, par une ligne droite tirée de ce point à l'angle nord-ouest du bâtiment le plus méridional de Vigou;

Au sud-est, par une première droite tirée de ce point au sommet du Puy-de-l'Étang, et par une deuxième droite, menée de ce dernier point à l'angle nord-ouest du bâtiment de Sauriat, point de départ.

Les limites ci-dessus comprennent une étendue superficielle de trois kilomètres carrés soixante-douze hectares vingt-sept ares, conformément au plan annexé à notre ordonnance mentionnée plus haut, concernant la concession de Bouzogle.

Lavoirs à bras d'Aroz.

Ordonnance du 4 mars 1829, portant que les sieurs Blum *père et fils sont autorisés à établir, conformément au plan joint à la présente ordonnance, quatre lavoirs à bras pour le lavage du minérai de fer sur le cours de la fontaine dite* de Ramaille, *dans leur propriété, commune d'Aroz* (Haute-Saône).

Forge de Longwy, sur le Chiers.

Ordonnance du 12 mars 1829, portant que le sieur Limbourg *est autorisé à transformer l'huilerie qu'il possède à la ville basse de Longwy, sur le Chiers* (Moselle), *en une forge qui sera composée, conformément aux deux plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance, d'un four d'affinerie à réverbère et d'un martinet, et que ladite forge sera entièrement alimentée par la houille.*

Usine à fer de St.-Priest-les-Fougères.

Ordonnance du 12 mars 1829, portant que le sieur Rouyer *aîné est autorisé à conserver et tenir en activité l'usine du Moulin-Neuf, commune de Saint-Priest-les-Fougères* (Dordogne), *et que la consistance de cette usine, dont l'eau motrice est fournie par le ruisseau Périgord, est et demeure fixée, conformément aux deux plans d'ensemble et de détails joints à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit : Un haut-fourneau pour fondre le minérai de fer au charbon de bois, et deux affineries pour la conversion de la fonte en fer également au charbon de bois.*

Usine à fer de Larigaudie.

Ordonnance du 12 mars 1829, portant que le sieur Larigaudie *est autorisé à conserver et tenir en activité l'usine de Larigaudie, commune de Saint-Hilaire-d'Estissac* (Dordogne), *et que la consistance de cette usine, dont l'eau motrice est fournie par la Cremps, est et demeure fixée, conformément aux trois plans d'ensemble et de détails joints à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir : Un haut-fourneau pour fondre le minérai au charbon de bois; une affinerie pour la conversion de la fonte en fer, allant également au charbon de bois; un marteau, des ateliers et bâtimens accessoires.*

Usine à fer de Xertigny.

Ordonnance du 12 mars 1829, portant autorisation d'établir une usine à fer en la commune de Xertigny (Vosges).

(Extrait.)

Charles, etc., etc., etc.

Art. Ier. Le sieur Rochatte est autorisé à établir, sur le

ruisseau de Concy, au lieu dit le Frais-Baril, commune de Xertigny, département des Vosges, une usine composée :

1°. D'un feu d'affinerie pour réduire la fonte en fer et transformer la ferraille en fer marchand;

2°. De deux petits feux de taillanderie;

3°. De plusieurs meules.

L'usine occupera la place A, désignée au plan annexé à la présente ordonnance.

Le sieur Rochatte répondra civilement des délits qui seraient commis dans les fôrets de son voisinage par les ouvriers qu'il y emploiera; il se soumettra, pour l'exécution de ces dispositions, à la surveillance des agens et gardes forestiers locaux.

Usine à fer de Château-Lavallière.

Ordonnance du 19 mars 1829, portant que le sieur Thomas Stanhope-Hollond *est autorisé à conserver et tenir en activité l'usine à fer dite* de Château-Lavallière, *située dans la commune du même nom* (Indre-et-Loire), *et que cette usine restera composée, conformément aux deux plans joints à la présente ordonnance, d'un haut-fourneau et de trois feux d'affinerie.*

Foyer catalan de Niaux.

Ordonnance du 26 mars 1829, portant que le sieur Julien Rousse *est autorisé à convertir en un foyer catalan, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, l'un des deux feux de martinet qu'il possède sur un cours d'eau dérivé de la rivière de Vicdessos, dans la commune de Niaux* (Ariége).

Usines à fer de Buffon.

Ordonnance du 2 avril 1829, portant que la dame de Buffon, *née* d'Aubenton, *est autorisée, conformément aux trois plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance, à substituer un haut-fourneau destiné à fondre le minerai de*

fer, à la batterie, au martinet et à la fenderie, dépendant des usines de Buffon, situées dans la commune de ce nom, sur l'Armançon (Côte-d'Or), *et dont elle est propriétaire.*

Patouillet de Confracourt.

Ordonnance du 2 *avril* 1829, *portant que le prince* de Bauffremont *est autorisé à rétablir, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, le patouillet destiné au lavage du minérai de fer, qui existait autrefois près du moulin dit* du Patouillet, *qu'il possède sur le ruisseau de Confracourt, commune de ce nom* (Haute-Saône).

Lavoirs à bras de Grandvelle.

Ordonnance du 15 *avril* 1829, *portant que les sieurs* Derosne et compagnie *sont autorisés à tenir et conserver en activité, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, les deux lavoirs à bras qu'ils ont établis pour le lavage du minérai de fer dans leur propriété, au lieu dit* les Mouillères, *territoire du Pernot, dépendant de la commune de Grandvelle* (Haute-Saône).

Patouillet et lavoirs à bras et à cheval de Neuvelle-lès-la-Charité.

Ordonnance du 15 *avril* 1829, *portant que le sieur* Gauthier *est autorisé à tenir et conserver en activité, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, le patouillet à roue, les quatre lavoirs à bras et le lavoir à cheval, destinés au lavage du minérai de fer, qu'il a établis, dans sa propriété, sur l'Étang-du-Moulin, commune de Neuvelle-lès-la-Charité* (H^te^-Saône).

Ordonnance du 15 avril 1829, portant que le sieur Harpin *est autorisé à tenir et conserver en activité, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, deux lavoirs à bras pour le lavage du minérai de fer, qu'il a établis, dans sa propriété, au lieu dit* le Bouquet, *commune d'Autray* (Haute-Saône).

Lavoirs à bras d'Autray.

Ordonnance du 15 avril 1829, qui modifie celle du 12 octobre 1828, et qui autorise le sieur Guillaume *à établir un martinet à fer, sur le ruisseau de Brouelle, au territoire de Brouenne* (Meuse), *à cent cinq mètres* (1) *en aval du chemin de Brouelle aux carrières de Brouenne, sur un terrain appartenant au sieur* Guillaume.

Martinet à fer de Brouenne.

Ordonnance du 15 avril 1829, portant concession de la mine de houille dite de Quimper (Finistère).

Mine de houille de Quimper.

(Extrait.)

Charles, etc., etc., etc.

Art. Ier. Il est fait aux sieurs Emmanuel de Cossé de Brissac, Ganilh, Frédéric de Bruc et compagnie, concession de la mine de houille dite de Quimper, département du Finistère.

Art. II. Cette concession, dont l'étendue superficielle est de deux cent vingt-trois hectares, conformément au plan qui restera annexé à la présente, est limitée ainsi qu'il suit :

Au midi, par le cours de l'Odet, depuis le moulin des Couleurs jusqu'au pont du Cluyon ;

A l'est, par une ligne droite, allant du pont du Cluyon au bourg de Cuzon ;

(1) L'ordonnance du 12 octobre 1828 portait *cinq cents mètres*. Voyez cette ordonnance dans ce volume, 1re. livraison, page 157.

Au nord, par une suite de lignes droites tirées de Cuzon à Créailhan, Kernisy, et au point où le chemin de Kernisy aboutit à celui de Quimper à Douarnenez et Pont-Croix ;

A l'est, par une ligne droite tirée de ce dernier point au moulin des Couleurs, point de départ.

Lavoir à bras de Fretigney.

Ordonnance du 23 avril 1829, portant que le sieur Pourcelot *est autorisé à tenir et conserver en activité, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance, un lavoir à bras pour le lavage du minérai de fer, qu'il a établi, dans sa propriété, sur le cours de la fontaine qui y prend naissance, au lieu dit* Vaudocon, *commune de Fretigney* (Haute-Saône).

Mine d'antimoine sulfuré de Lafond.

Ordonnance du 23 avril 1829, portant concession d'une mine d'antimoine sulfuré, située au lieu dit de Lafond, *commune de Nades* (Allier).

(Extrait.)

Charles, etc., etc., etc.

Art. Ier. Il est fait concession au sieur Chevarrier d'une mine d'antimoine sulfuré, située au lieu dit de Lafond, commune de Nades, département de l'Allier.

Art. II. Cette concession est limitée ainsi qu'il suit :

Au nord, par une ligne droite partant du point de jonction du ruisseau et du chemin du Prez-de-la-Bosse allant à Champ-Rouge, et aboutissant à la Croix-des-Gardes ;

A l'est, par la ligne brisée partant de ladite Croix, passant par l'angle nord-est de l'église de Nades et ensuite par l'angle nord-ouest de la grange de Gilbert Malapierre, sise au hameau dit Chez-Perrot, et aboutissant à l'angle nord-ouest de la maison de François Barel, sise au hameau des Leschers ;

Au sud, par une ligne droite partant de ce dernier point et aboutissant à l'angle nord-ouest de la forge Commurel au hameau de Cambrai ;

Au sud-ouest, par la ligne droite aboutissant à la jonction du ruisseau de la Bosse et des chemins d'Ebreuil et du bois aux Moineaux ;

Et enfin, au nord-ouest, par le ruisseau du Prez-de-la-Bosse, depuis le dernier point ci-dessus indiqué jusqu'à la jonction dudit ruisseau, au chemin du Prez-de-la-Bosse à Champ-Rouge, point de départ.

L'étendue superficielle de la concession est de quatre-vingt-dix hectares cinquante ares, conformément au plan qui restera annexé à la présente ordonnance.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME.

Géologie et Minéralogie.

Chimie ; Recherches docimastiques ; Analyses de substances minérales.

Métallurgie ; arts qui en dépendent.

Exploitation des Mines.

Mécanique.

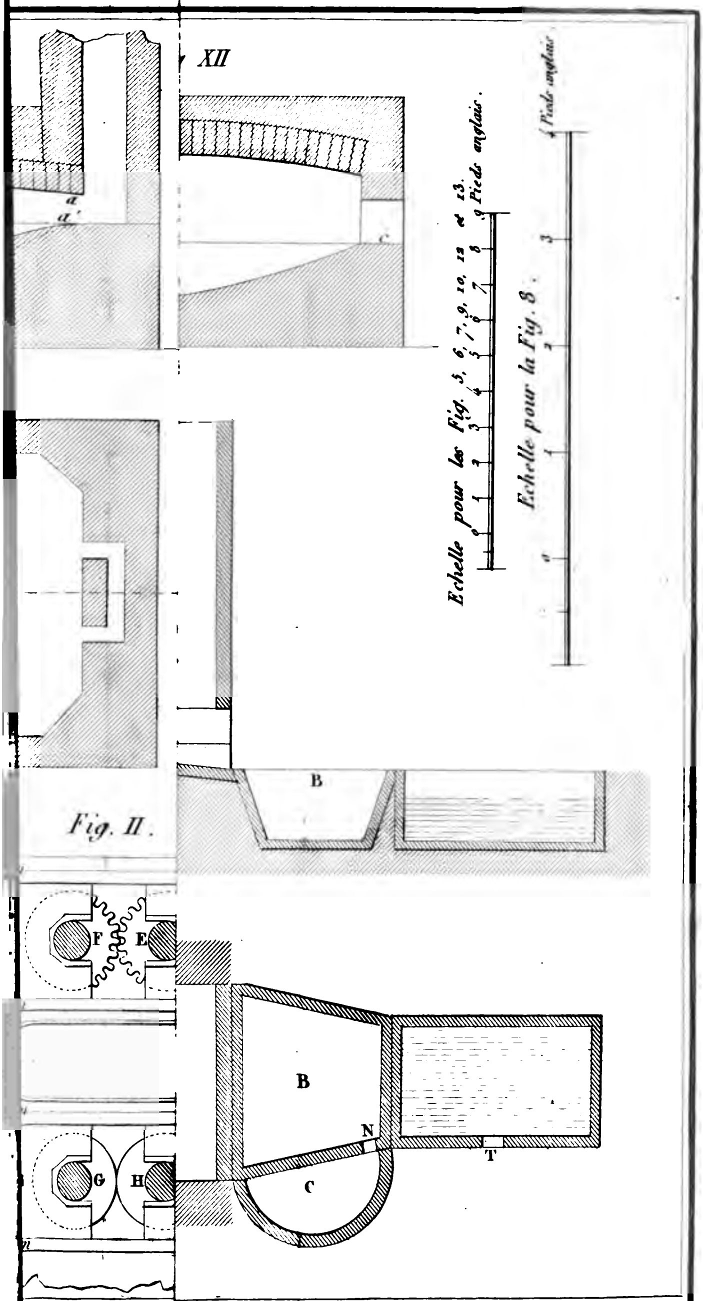
Bateaux à vapeur.

Ordonnances royales concernant les Mines.

Planches jointes à ce Volume.

IMPRIMERIE DE Mme. HUZARD (NÉE VALLAT LA CHAPELLE),
Rue de l'Éperon-Saint-André-des-Arts, n°. 7.

Pl. I.



Sc. Botta del et sc.

Formes de l'Huraulite.

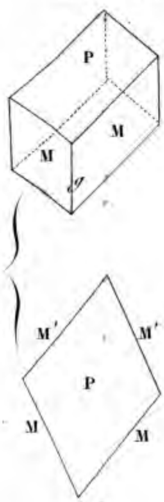
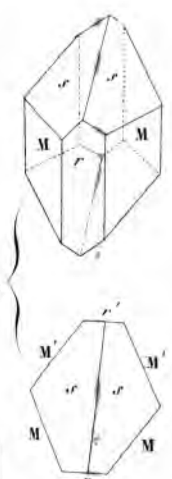


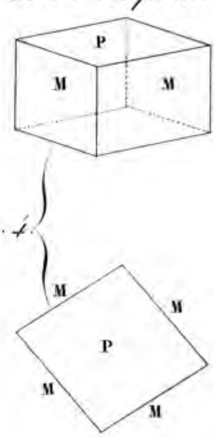
Fig. 2.





Forme primitive de l'Hétépozite.

Fig. 4.

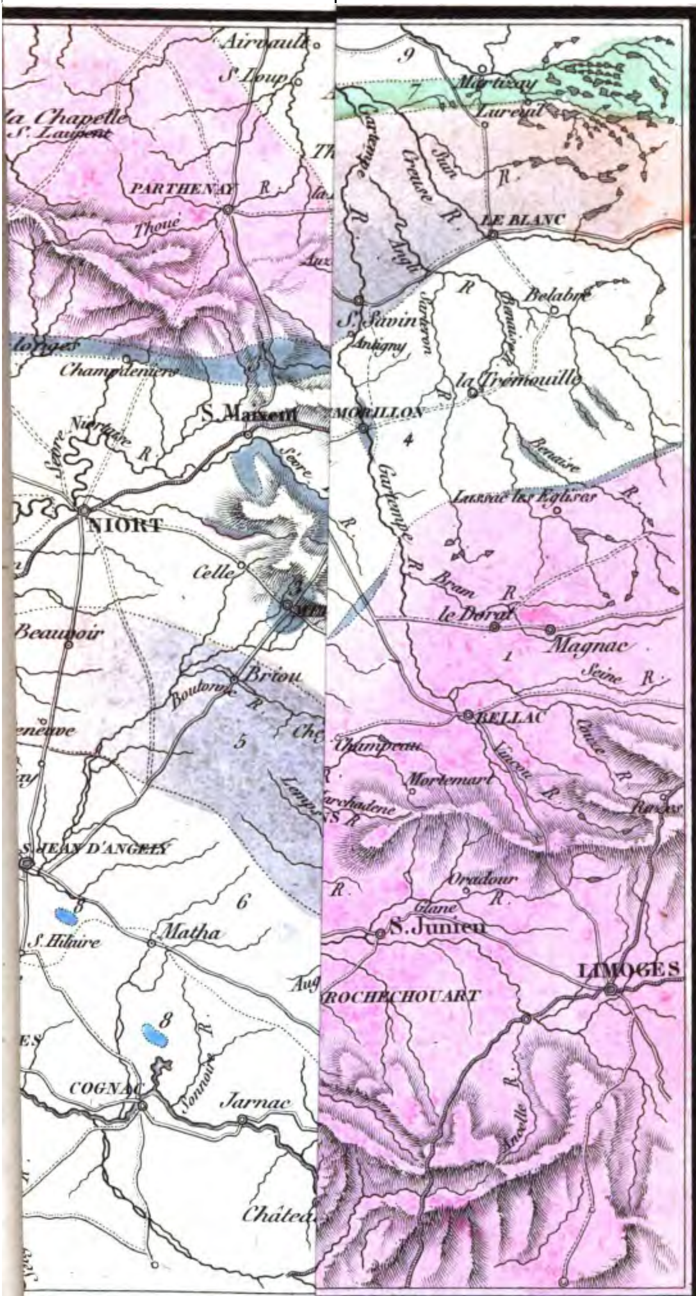


Benoit Sc.



DAIRE DU SUD OUE

Pl. III.

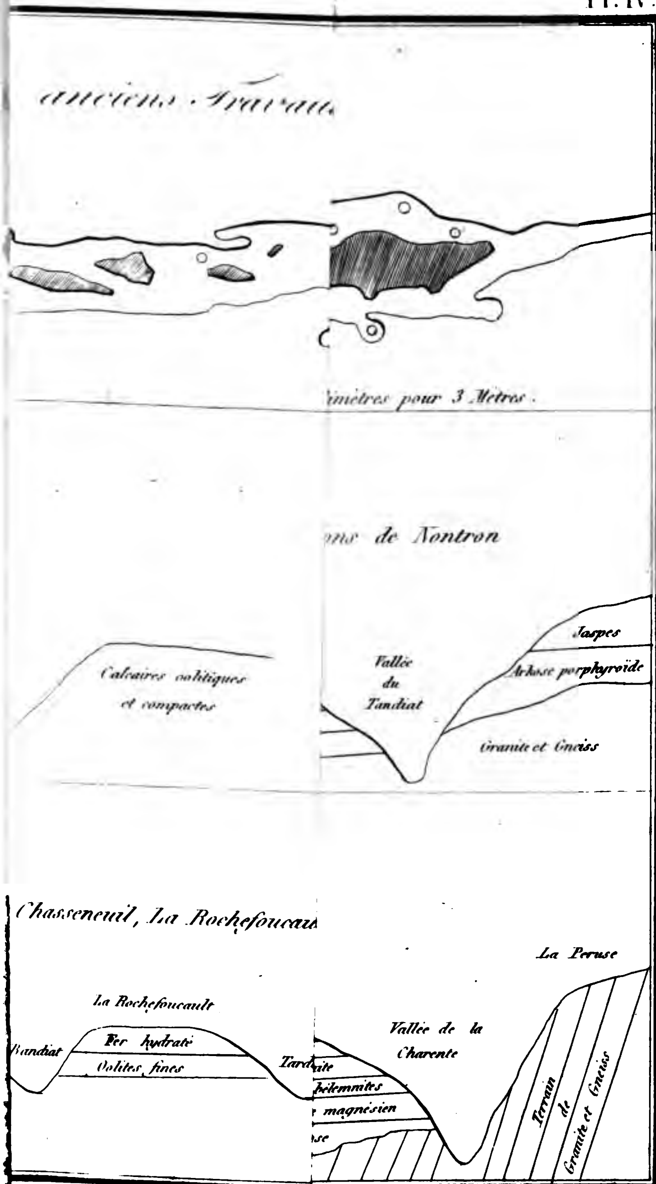


Annales des Mines. Tome VII. (1830).

...ouvelles chacune 5130.T 74.

7 8 9 10

Pl. IV.



anciens Travaux
imètres pour 3 Mètres.
ons de Nontron
Calcaires oolitiques et compactes
Vallée du Tandiat
Jaspes
Arkose porphyroïde
Granite et Gneiss
Chasseneuil, La Rochefoucau
La Rochefoucault
Fer hydraté
Oolites fines
Tandiat
Vallée de la Charente
bélemnites
magnésien
La Peruse
Terrain de Granite et Gneiss